الصف
الثالث
الثانوي

3



2025

سلسلة

الوافي

AL WAFI SERIES

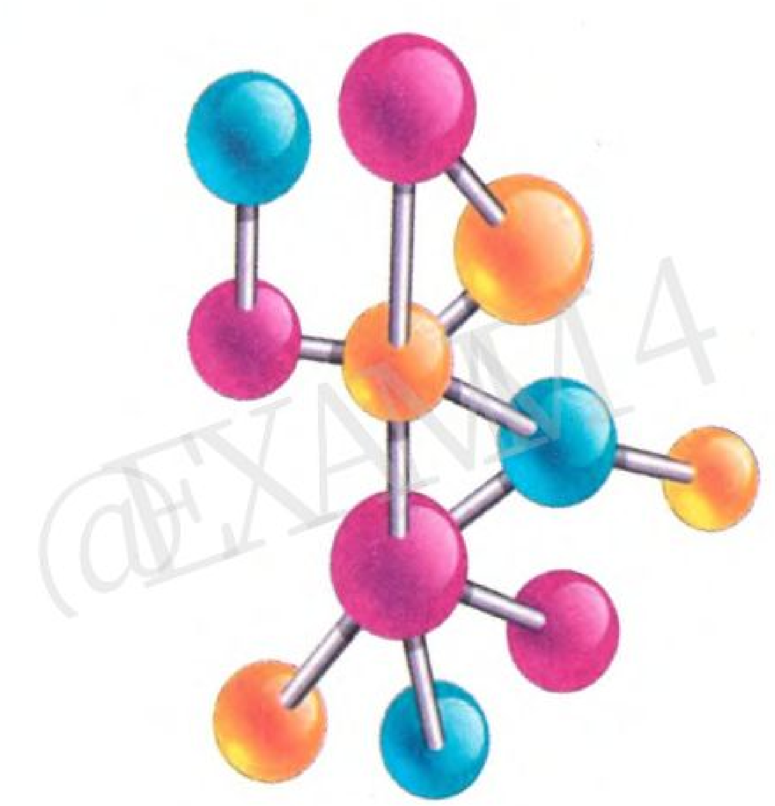
كتاب الشرح

الكيمياء



سلسلة
الوافي
AL WAFI SERIES
احرص على اقتناء الوافي في
اللغة العربية - الكيمياء
الفيزياء - الجيولوجيا
Biology - Chemistry- Physics
المركز الرئيسي للتوزيع
FRIENDS' GROUP
14 ش قصر اللؤلؤة
الفجالة - القاهرة
022787755 - 01223561288
01141616671 - 01019422938
السعر
170
جنيه





الكيميـاء

كتـاب الشرح



محمد عبد السلام عواد

محمد غزال

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

قال تعالى : ﴿ وَمَا تَوْفِيقِي إِلا بِاللهَّ عَلَيْهِ تَوَكَّلْتُ وَإِلَيْهِ أُنِيبُ ﴾ سورة هود الآية (٨٨)

من خلال خبراتنا بمجال التعليم تلمسنا احتياج كل من :

المعلمين لكتاب شامل وموضوعي يثري معلوماتهم وافي بكل جزء من أجزاء الكتاب المدرسي بمعايير تربوية وعلمية ويتميز بالتدريب المستمر يحتوي على أنماط مختلفة من الأسئلة المتنوعة.

الطلاب لكتاب يأخذ بأيديهم لتحقيق آمالهم في التفوق ويزيل رهبة الثانوية العامة من قلوبهم ويسهل من المذاكرة والتقويم المستمر والحصول على الدرجة النهائية بأيسر الطرق دون تعقيد.

أولياء الأمور لكتاب يعينهم على مساعدة أبنائهم في المذاكرة والتحصيل.

ومن هنا قام فريق إعداد كتاب **الوافي** بوضع كتاب يتميز بالبساطة والسهولة والاستمتاع بالمذاكرة والتي تجعل من مادة الكيمياء مادة جميلة منظمة وشيقة.

الكتاب من ثلاثة أجزاء منفصلة ومتكاملة.

وفي هذا الجزء الخاص **بالشرح** تم تقسيم أبواب المنهج إلى دروس لتسهل من المذاكرة.

والله الموفق

المؤلفون



محتويات الكتاب

يشمل

- تأسيس وتراكم معرفي لما تم دراسته في منهج الكيمياء في الصف الأول والثاني الثانوي.
- تقسيم الأبواب إلى دروس صغيرة تسهل من المذاكرة.
- شرح مبسط للدروس.
- أمثلة محلولة.
- أسئلة مجابة.
- تلخيصات.
- تدريبات جزئية بإجاباتها النموذجية.
- تطبيقات.
- تعليلات مجابة.
- خرائط ذهنية بسيطة.

لتحقيق الدرجة النهائية مع كتاب الوافي :

- ذاكر الدرس من كتاب الشرح.
- طبق على كل درس من أسئلة كتاب الأسئلة والمسائل.
- راجع كل باب من كتاب المراجعة النهائية.
- اختبر نفسك من الاختبارات الجزئية في كتاب الامتحانات بنظام الكتاب المفتوح Open Book
- اختبر نفسك من اختبارات الثانوية العامة والسودان والأزهر من كتاب الاختبارات.





الفهرس

الموضوع	الصفحة
أساسيات الكيمياء (تراكم معرفي)	٦
الباب الأول العناصر الانتقالية	
الدرس 1 عناصر السلسلة الانتقالية الأولى	١٨
الدرس 2 التركيب الإلكتروني وحالات التأكسد لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى	٢٨
الدرس 3 الخواص العامة لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى	٣٣
الدرس 4 استخلاص الحديد من خاماته	٤١
الدرس 5 خواص الحديد وأكاسيده	٤٨
اختبار 1 الباب الأول : العناصر الانتقالية	٥٤
الباب الثاني التحليل الكيميائي	
الدرس 1 مجموعة أنيونات حمض الهيدروكلوريك المخفف	٥٨
الدرس 2 مجموعة أنيونات حمض الكبريتيك المركز ومحلول كلوريد الباريوم	٦٨
الدرس 3 الكشف عن الكاتيونات	٧١
الدرس 4 التحليل الكمي الحجمي	٧٥
الدرس 5 التحليل الكمي الكتلي	٨٤
اختبار 2 الباب الثاني : التحليل الكيميائي	٨٩
الباب الثالث الاتزان الكيميائي	
الدرس 1 النظام المتزن ومعدل التفاعل الكيميائي	٩٤
الدرس 2 أثر طبيعة المواد المتفاعلة والتركيز	١٠٠
الدرس 3 أثر درجة الحرارة والضغط والعوامل الحفازة والضوء	١٠٩
الدرس 4 قاعدة لوشاتيلييه	١١٤
الدرس 5 المحاليل الإلكتروليتية	١١٧
الدرس 6 قانون أستفالد للتخفيف	١٢١
الدرس 7 تأين المـاء	١٢٧
الدرس 8 التميؤ وحاصل الإذابة	١٣٤
اختبار 3 الباب الثالث : الاتزان الكيميائي	١٤١

الموضوع	الصفحة
الباب الرابع الكيمياء الكهربية	
الدرس 1 خلية دانيال	١٤٥
الدرس 2 سلسلة الجهود الكهربية	١٥٢
الدرس 3 الخلايا الجلفانيـة	١٦٢
الدرس 4 تآكل المعـادن	١٦٩
الدرس 5 الخلايا التحليليـة (الإلكتروليتيـة)	١٧٣
الدرس 6 قوانيـن فـاراداي	١٧٩
اختبار 4 الباب الرابع : الكيمياء الكهربية	١٨٩
الباب الخامس الكيمياء العضوية	
الدرس 1 مقدمة الكيمياء العضوية	١٩٤
الدرس 2 الألكانـات	٢٠٤
الدرس 3 الميثـان	٢١٣
الدرس 4 الألكينـات	٢٢٠
الدرس 5 الألكاينـات	٢٣١
الدرس 6 الهيدروكربونـات الحلقيـة	٢٣٧
الدرس 7 البنزيـن العطـري	٢٤٤
اختبار 5 الهيدروكربونات	٢٥٣
الدرس 8 تسمية وتحضير الكحولات	٢٥٧
الدرس 9 الخواص العامة للكحولات	٢٦٧
الدرس 10 الفينـولات	٢٧٧
الدرس 11 الأحمـاض الكربوكسيليـة	٢٨٢
الدرس 12 الإستـرات	٢٩٢
اختبار 6 مُشتقات الهيدروكربونات	٣٠٣



أساسيات الكيمياء (تراكم معرفي)

أولًا الـذرة

تعريف الذرة

«هي أصغر وحدة بنائية للمادة يمكن أن تشترك في التفاعلات الكيميائية».

كتابة رمز الذرة

ورمز الذرة حسب طريقة كتابتها نوعان :

(أ) تتكون من حرف واحد ويكتب (Capital)

مثال : الهيدروچين (H) ، والأكسچين (O) ، والنيتروچين (N) ، والفوسفور (P) ، والكبريت (S)

(ب) تتكون من حرفين ويكتب الأول (Capital) ، والثاني (Small)

مثال : الهيليوم (He) ، والنيون (Ne) ، والأرجون (Ar) ، والصوديوم (Na) ، والماغنسيوم (Mg)

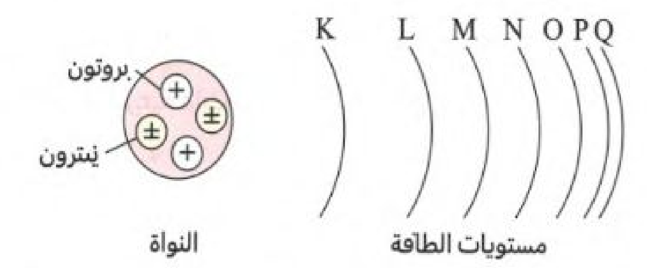
أخطاء شائعة

العنصر	الرمز الخاطيء	سبب الخطأ	الرمز الصحيح
الكوبلت	CO	الحرفان Capital ، ويعبر عن مركب أول أكسيد الكربون	Co
السكانديوم	SC	الحرفان Capital	Sc
البزموت	BI	الحرفان Capital	Bi
الصوديوم	na	الحرفان small	Na

أول ٣٠ عنصر في الجدول الدوري

العنصر	الرمز	العنصر	الرمز	العنصر	الرمز
السكانديوم	$_{21}Sc$	الصوديوم	$_{11}Na$	الهيدروچين	$_{1}H$
التيتانيوم	$_{22}Ti$	الماغنسيوم	$_{12}Mg$	الهيليوم	$_{2}He$
الڤانديوم	$_{23}V$	الألومنيوم	$_{13}Al$	الليثيوم	$_{3}Li$
الكروم	$_{24}Cr$	السيلكون	$_{14}Si$	البيريليوم	$_{4}Be$
المنجنيز	$_{25}Mn$	الفوسفور	$_{15}P$	البورون	$_{5}B$
الحديد	$_{26}Fe$	الكبريت	$_{16}S$	الكربون	$_{6}C$
الكوبلت	$_{27}Co$	الكلور	$_{17}Cl$	النيتروچين	$_{7}N$
النيكل	$_{28}Ni$	الأرجون	$_{18}Ar$	الأكسچين	$_{8}O$
النحاس	$_{29}Cu$	البوتاسيوم	$_{19}K$	الفلور	$_{9}F$
الخارصين	$_{30}Zn$	الكالسيوم	$_{20}Ca$	النيون	$_{10}Ne$

مكونات الذرة



(١) **نواة موجبة (+)** : كتلتها كبيرة تتركز فيها معظم كتلة الذرة وتحتوي على بروتونات موجبة (+) ونيترونات متعادلة (±)

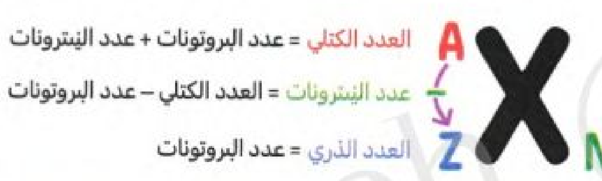
(٢) **إلكترونات سالبة (−)** : كتلتها صغيرة جدًا بالنسبة للنواة يمكن إهمالها وسريعة جدًا لا تسقط داخل النواة.

الذرة متعادلة كهربيًا لأن عدد البروتونات الموجبة الموجودة داخل النواة تساوي عدد الإلكترونات السالبة، التي تدور حول النواة.

العدد الكتلي والعدد الذري

اصطلح العلماء على وصف نواة ذرة أي عنصر باستخدام ثلاث أعداد نووية هي :

- العدد الكتلي (A)
- العدد الذري (Z)
- عدد النيوترونات (N)



المصطلح	الرمز	التعريف
العدد الكتلي (النيوكلونات)	A	عدد البروتونات + عدد النيترونات في النواة
العدد الذري	Z	عدد البروتونات في النواة
عدد النيترونات	N	N = A − Z

النظائر

«ذرات العنصر الواحد التي تتفق في عددها الذري وتختلف في عددها الكتلي، لاختلافها في عدد النيترونات في النواة».

تتفق النظائر في : العدد الذري – عدد البروتونات – عدد الإلكترونات – التفاعلات الكيميائية.

تختلف النظائر في : العدد الكتلي – عدد النيترونات – التفاعلات النووية.

مثال : نظائر الأكسجين :

رمز النظير	$^{16}_{8}O$	$^{17}_{8}O$	$^{18}_{8}O$
العدد الذري (عدد البروتونات)	8	8	8
العدد الكتلي (عدد النيوكلونات)	16	17	18
عدد النيترونات	16 − 8 = 8	17 − 8 = 9	18 − 8 = 10



قواعد توزيع الإلكترونات



١ مبدأ البناء التصاعدي «أوفباو»

«لابد للإلكترونات أن تملأ المستويات الفرعية ذات الطاقة المنخفضة أولاً ثم المستويات الفرعية ذات الطاقة الأعلى»

يكون الترتيب الحقيقي للطاقة في الذرة حسب ترتيب المستويات الفرعية (الحقيقية) الموجودة في المستويات الأساسية والتي تختلف عن بعضها اختلافًا طفيفًا في الطاقة.

وتترتب المستويات الفرعية تصاعديًا كما يلي :

$1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s < 3d < 4p < 5s < 4d < 5p$

$< 6s < 4f < 5d < 6p < 7s < 5f < 6d < 7p$



تدريب ١

اكتب التوزيع الإلكتروني للذرات التالية طبقًا لمبدأ البناء التصاعدي: [$_{9}F$, $_{11}Na$, $_{19}K$, $_{30}Zn$]

الإجابة

1. $_{9}F : 1s^2 , 2s^2 , 2p^5$
2. $_{11}Na : 1s^2 , 2s^2 , 2p^6 , 3s^1$
3. $_{19}K : 1s^2 , 2s^2 , 2p^6 , 3s^2 , 3p^6 , 4s^1$
4. $_{30}Zn : 1s^2 , 2s^2 , 2p^6 , 3s^2 , 3p^6 , 4s^2 , 3d^{10}$

التوزيع الإلكتروني لأقرب غاز خامل

١ يتم تحديد أقرب أدنى غاز خامل للعنصر المراد توزيعه الإلكتروني.

٢ نكتب الغاز الخامل ثم نكمل بالمستويات الفرعية التي تلي الغاز الخامل.

1. [$_{2}He$] , $2s$, ...
2. [$_{10}Ne$] , $3s$, ...
3. [$_{18}Ar$] , $4s$, ...
4. [$_{36}Kr$] , $5s$, ...
5. [$_{54}Xe$] , $6s$, ...
6. [$_{86}Rn$] , $7s$, ...



تدريب ٢

اكتب التوزيع الإلكتروني لأقرب غاز خامل للذرات التالية: [$_{12}Mg$, $_{20}Ca$, $_{27}Co$, $_{39}Y$]

الإجابة

1. $_{12}Mg$: [$_{10}Ne$] , $3s^2$
2. $_{20}Ca$: [$_{18}Ar$] , $4s^2$
3. $_{27}Co$: [$_{18}Ar$] , $4s^2 , 3d^7$
4. $_{39}Y$: [$_{36}Kr$] , $5s^2 , 4d^1$

أشهر الحالات الشاذة في التوزيع الإلكتروني

تصبح الذرة أكثر استقرارًا (غالبًا) عندما تكون أوربيتالات المستوى الفرعي الواحد في إحدى الحالات التالية:

(١) فارغة تمامًا ☐ (٢) نصف ممتلئ ↑ (٣) تامة الامتلاء ⥮

لذا يوجد بعض الحالات الشاذة في التوزيع الإلكتروني التي تعتمد على هذه المعلومة، مثل:

التوزيع الصحيح ✓	التوزيع الخاطئ ✗	العنصر
$[Ar], 4s^1, 3d^5$	$[Ar], 4s^2, 3d^4$	الكروم $_{24}Cr$
$[Ar], 4s^1, 3d^{10}$	$[Ar], 4s^2, 3d^9$	النحاس $_{29}Cu$
$[Kr], 5s^1, 4d^5$	$[Kr], 5s^2, 4d^4$	الموليبدنيوم $_{42}Mo$
$[Kr], 5s^1, 4d^{10}$	$[Kr], 5s^2, 4d^9$	الفضة $_{47}Ag$
$[Xe], 6s^1, 4f^{14}, 5d^{10}$	$[Xe], 6s^2, 4f^{14}, 5d^9$	الذهب $_{79}Au$

التوزيع الإلكتروني للأيونات

(١) الأيون السالب: يتم التوزيع الإلكتروني للذرة أولًا ثم إضافة عدد من الإلكترونات يساوي رقم الشحنة السالبة.

(٢) الأيون الموجب: يتم التوزيع الإلكتروني للذرة أولًا ثم سحب عدد من الإلكترونات يساوي رقم الشحنة الموجبة،
مع ملاحظة أن الفقد يتم من مستوى الطاقة الفرعي البعيد عن النواة أولًا

مثال: يتم فقد الإلكترونات من المستوى الفرعي $4s$ ثم من المستوى الفرعي $3d$ في عناصر السلسلة الانتقالية الأولى.



اكتب التوزيع الإلكتروني للأيونات التالية: $[_{8}O^{2-}, _{17}Cl^{-}, _{13}Al^{3+}, Mn^{2+}, _{26}Fe^{3+}, _{29}Cu^{+}]$

الإجابة

التوزيع الإلكتروني لأيون العنصر	التوزيع الإلكتروني لذرة العنصر
$_{8}O^{2-} : [He], 2s^2, 2p^6$	$_{8}O : [He], 2s^2, 2p^4$
$_{17}Cl^{-} : [Ne], 3s^2, 3p^6$	$_{17}Cl : [Ne], 3s^2, 3p^5$
$_{13}Al^{3+} : [Ne], 3s^0, 3p^0$	$_{13}Al : [Ne], 3s^2, 3p^1$
$_{25}Mn^{2+} : [Ar], 4s^0, 3d^5$	$_{25}Mn : [Ar], 4s^2, 3d^5$
$_{26}Fe^{3+} : [Ar], 4s^0, 3d^5$	$_{26}Fe : [Ar], 4s^2, 3d^6$
$_{29}Cu^{+} : [Ar], 4s^0, 3d^{10}$	$_{29}Cu : [Ar], 4s^1, 3d^{10}$

مصطلحات هامة

- **الذرة المستقرة:** هي ذرة في حالتها العادية.
- **الذرة المُثارة:** هي ذرة اكتسبت كمًا من الطاقة فأدى إلى انتقال إلكترون من مستوى طاقة أقل إلى مستوى طاقة أعلى.
- **إلكترونات التكافؤ:** هي إلكترونات المستوى الطاقة الرئيسي الخارجي.



٢ قاعـدة هونـد

«لا يحدث ازدواج بين إلكترونين في مستوى فرعي معين إلا بعد أن تشغل أوربيتالاته فرادى أولًا»

طريقة ملء مستويات الطاقة الفرعية بالإلكترونات، **تبعًا لقاعدة هوند :**

القاعدة	تطبيق
① أوربيتالات المستوى الفرعي الواحد متساوية في الطاقة.	أوربيتالات المستوى الفرعي $2p$ متساوية في الطاقة.
② يتتابع امتلاء أوربيتالات المستوى الفرعي الواحد بالإلكترونات فراداى أولًا وحركتها المغزلية في اتجاه واحد.	p^3 (p_x p_y p_z) ↑ ↑ ↑ — p^2 (p_x p_y) ↑ ↑ — p^1 (p_x) ↑ يتتابع امتلاء المستوى الفرعي p بالإلكترونات فراداى أولًا.
③ يفضل الإلكترون أن يشغل الأوربيتالات فرادى أولًا ثم يزدوج ويكون غزل كل إلكترونين مزدوجين متعاكسين.	التوزيع الإلكتروني لذرة الأكسجين $_8O$ حسب قاعدة هوند ✗ : $1s^2$ ⇅ ، $2s^2$ ⇅ ، $2p^4$ ⇅ ⇅ □ ✓ : $1s^2$ ⇅ ، $2s^2$ ⇅ ، $2p^4$ ⇅ ↑ ↑
④ يفضل الإلكترون أن يزدوج مع إلكترون آخر في نفس المستوى الفرعي عن الانتقال إلى أوربيتال مستقل في المستوى الفرعي الأعلى.	التوزيع الإلكتروني لذرة البريليوم $_4Be$ حسب قاعدة هوند ✗ : $1s^2$ ⇅ ، $2s^2$ ↑ ، $2p^1$ ↑ □ □ ✓ : $1s^2$ ⇅ ، $2s^2$ ⇅

ثانيًا الجزيء

«أصغر جزء من المادة يمكن أن يوجد على حالة انفراد وتتضح فيه خواص المادة»

والجزيء نوعان :

① **جزئ عنصر:** يتكون من ذرة أو ذرتين أو أكثر متشابهة.

عناصر أحادية الذرة:

العناصر الفلزية: **مثل:** الصوديوم (Na) ، البوتاسيوم (K) ، الحديد (Fe) ، النحاس (Cu) ، الكالسيوم (Ca)

العناصر الخاملة: **مثل:** الهيليوم (He) ، النيون (Ne) ، الأرجون (Ar) ، الكريبتون (Kr) ، الزينون (Xe) ، الرادون (Rn)

عناصر ثنائية الذرة:

بعض اللافلزات: **مثل:** الأكسجين (O_2) ، النيتروجين (N_2) ، الهيدروجين (H_2)

الهالوجينات: **مثل:** الفلور (F_2) ، الكلور (Cl_2) ، البروم (Br_2) ، اليود (I_2)

عناصر عديدة الذرات:

غاز الأوزون (O_3) ، بخار الفوسفور (P_4) ، بخار الزرنيخ (As_4) ، بخار الأنتيمون (Sb_4) ، بخار الكبريت (S_8)

② **جزئ مركب:** يتكون من ذرتين أو أكثر مختلفة.

مثال: حمض الكبريتيك (H_2SO_4) ، الماء (H_2O) ، كلوريد الصوديوم (NaCl) ، كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$)

خطوات كتابة الصيغة الجزيئية للمركبات الكيميائية الأيونية

(١) التعرف على صيغة العناصر والمجموعات الذرية وتكافؤاتها (عدد تأكسدها).

رموز وأعداد تأكسد بعض الكاتيونات والأنيونات

الكاتيون أو الأنيون	الرمز وعدد تأكسده
ليثيوم	Li^{+}
صوديوم	Na^{+}
بوتاسيوم	K^{+}
فضة	Ag^{+}
هيدريد	H^{-}
فلوريد	F^{-}
كلوريد	Cl^{-}
بروميد	Br^{-}
يوديد	I^{-}
ماغنسيوم	Mg^{2+}
كالسيوم	Ca^{2+}
باريوم	Ba^{2+}

الكاتيون أو الأنيون	الرمز وعدد تأكسده
خارصين	Zn^{2+}
كبريتيد	S^{2-}
أكسيد	O^{2-}
ألومنيوم	Al^{3+}
سكانديوم	Sc^{3+}
نيتريد	N^{3-}
فوسفيد	P^{3-}
نحاس	Cu^{+} , Cu^{2+}
زئبق	Hg^{+} , Hg^{2+}
حديد	Fe^{2+} , Fe^{3+}
ذهب	Au^{+} , Au^{3+}
رصاص	Pb^{2+} , Pb^{4+}

صيغة وأعداد تأكسد بعض المجموعات الذرية

المجموعة الذرية	الصيغة الكيميائية
هيدروكسيد	OH^{-}
نيتريت	NO_2^{-}
نترات	NO_3^{-}
أمونيوم	NH_4^{+}
بيكربونات	HCO_3^{-}
بيكبريتات	HSO_4^{-}
أسيتات	CH_3COO^{-}
فورمات	$HCOO^{-}$
برمنجنات	MnO_4^{-}
ميتا ألومينات	AlO_2^{-}
سيانات	CNO^{-}

المجموعة الذرية	الصيغة الكيميائية
بيركلورات	ClO_4^{-}
كبريتيت	SO_3^{2-}
كربونات	CO_3^{2-}
كبريتات	SO_4^{2-}
كرومات	CrO_4^{2-}
بيكرومات (ثاني كرومات)	$Cr_2O_7^{2-}$
منجانات	MnO_4^{2-}
رباعي ثيونات	$S_4O_6^{2-}$
ثيوكبريتات	$S_2O_3^{2-}$
أكسالات	$(COO)_2^{2-}$
فوسفات	PO_4^{3-}



(٢) استخدام تكافؤات الأيونات **و** المجموعات الذرية في تكوين المركبات بحيث **يكتب على :**

- **اليسار :** مجموعة ذرية موجبة **أو** ذرة فلز **أو** هيدروجين الحمض.
- **اليمين :** مجموعة ذرية سالبة **أو** ذرة لافلز **أو** هيدروكسيد القاعدة.
- يكتب تكافؤ كل شق أسفل الشق الآخر ثم نختصر.

الشق الأيوني السالب
مجموعة ذرية سالبة أو ذرة لافلز
أو هيدروكسيد القاعدة

الشق الكاتيوني الموجب
مجموعة ذرية موجبة أو ذرة فلز
أو هيدروجين الحمض



تكافؤ الكاتيون — تكافؤ الأنيون



- لا يكتب رقم (1) في الصيغة الكيميائية ليدل على التكافؤ الأحادي.
- المجموعات الذرية تكتب بين قوسين عند كتابة تكافؤات أكبر من (1) أسفلها.
- تكتب الأرقام (I) ، (II) ، (III) بجوار أسماء العناصر التي لها أكثر من تكافؤ لتعبر عن تكافؤها.
- في المركبات التي تحتوي على شقوق عضوية سالبة تُكتب يسارًا.



اكتب الصيغة الكيميائية للمركبات التالية :

- نترات الصوديوم.
- كربونات البوتاسيوم.
- فوسفات الكالسيوم.
- كبريتات الماغنسيوم.
- كرومات الليثيوم.
- كلوريد الباريوم.
- برمنجنات الألومنيوم.
- أسيتات الحديد II

الإجابة

نترات الصوديوم	كربونات البوتاسيوم	فوسفات الكالسيوم	كبريتات الماغنسيوم
Na^+ NO_3^- 1 1 $NaNO_3$	K^+ CO_3^{2-} 2 1 K_2CO_3	Ca^{2+} PO_4^{3-} 3 2 $Ca_3(PO_4)_2$	Mg^{2+} SO_4^{2-} 1 ~~2~~ ~~2~~ 1 $MgSO_4$
كرومات الليثيوم Li^+ CrO_4^{2-} 2 1 Li_2CrO_4	كلوريد الباريوم Ba^{2+} Cl^- 1 2 $BaCl_2$	برمنجنات الألومنيوم Al^{3+} MnO_4^- 1 3 $Al(MnO_4)_3$	أسيتات الحديد II CH_3COO^- Fe^{2+} 2 1 $(CH_3COO)_2Fe$

ثالثًا المعادلة الكيميائية

أنواع التفاعلات الكيميائية الأساسية

① تفاعلات الاتحاد المباشر : $A + B \longrightarrow AB$

(أ) اتحاد عنصر مع عنصر. $C_{(s)} + O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} CO_{2(g)}$

(ب) اتحاد عنصر مع مركب. $2NO_{(g)} + O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 2NO_{2(g)}$

(جـ) اتحاد مركب مع مركب. $NH_{3(g)} + HCl_{(g)} \longrightarrow NH_4Cl_{(s)}$

② تفاعلات الانحلال : $AB \longrightarrow A + B$

(أ) الانحلال بالحرارة. $Li_2CO_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} Li_2O_{(s)} + CO_{2(g)}$

(ب) الانحلال بالكهرباء. $2H_2O_{(\ell)} \xrightarrow[\text{Analysis}]{\text{Electrical}} 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$

③ تفاعلات الاحلال البسيط : $A + BC \longrightarrow AC + B$

(أ) إحلال عنصر محل هيدروچين الحمض. $Zn_{(s)} + H_2SO_{4(\ell)} \longrightarrow ZnSO_{4(aq)} + H_{2(g)}$

(ب) إحلال عنصر محل عنصر. $Zn_{(s)} + CuSO_{4(aq)} \longrightarrow ZnSO_{4(aq)} + Cu_{(s)}$

④ تفاعلات الاحلال المزدوج : $AB + CD \longrightarrow AD + CB$

(أ) تفاعل حمض مع قلوي (تعادل) $NaOH_{(aq)} + HCl_{(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(\ell)}$

(ب) تفاعل حمض مع ملح (طرد الأحماض). $2NaCl_{(s)} + H_2SO_{4(\ell)} \longrightarrow Na_2SO_{4(aq)} + 2HCl_{(aq)}$

(جـ) تفاعل محلول ملح مع محلول ملح. $NaCl_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \longrightarrow NaNO_{3(aq)} + AgCl_{(s)}$

وزن المعادلات الكيميائية

ويتبع فيها قوانين بقاء الكتلة (المادة) حيث لابد أن تكون مجموع كتل المتفاعلات والنواتج متساوية.

تدريب ٥

زن المعادلات التالية:

1. ☐ $N_{2(g)}$ + ☐ $Mg_{(s)} \longrightarrow$ ☐ $Mg_3N_{2(s)}$
2. ☐ $N_{2(g)}$ + ☐ $H_{2(g)} \longrightarrow$ ☐ $NH_{3(g)}$
3. ☐ $CH_{4(g)}$ + ☐ $O_{2(g)} \longrightarrow$ ☐ $CO_{2(g)}$ + ☐ $H_2O_{(v)}$
4. ☐ $NaNO_{3(s)} \longrightarrow$ ☐ $NaNO_{2(s)}$ + ☐ $O_{2(g)}$
5. ☐ $Na_{(s)}$ + ☐ $HCl_{(aq)} \longrightarrow$ ☐ $NaCl_{(aq)}$ + ☐ $H_{2(g)}$
6. ☐ $C_2H_{2(g)}$ + ☐ $O_{2(g)} \longrightarrow$ ☐ $CO_{2(g)}$ + ☐ $H_2O_{(v)}$
7. ☐ $FeCl_{3(aq)}$ + ☐ $NH_4OH_{(aq)} \longrightarrow$ ☐ $NH_4Cl_{(aq)}$ + ☐ $Fe(OH)_{3(s)}$
8. ☐ $BaCl_{2(aq)}$ + ☐ $K_3PO_{4(aq)} \longrightarrow$ ☐ $KCl_{(aq)}$ + ☐ $Ba_3(PO_4)_{2(s)}$



رابعًا عدد التأكسد

«عدد يمثل الشحنة الكهربية (الموجبة أو السالبة) التي تبدو على الأيون أو الذرة في المركب سواء كان مركبًا أيونيًا أو تساهميًا»

قواعد أساسية لحساب أعداد التأكسد

① عدد تأكسد أي ذرة في جزيء العنصر [He , Ne , Cl_2 , N_2 , O_3 , P_4 , S_8 , ...] = (zero)

② عدد تأكسد الأيون أو المجموعات الذرية = الشحنة التي تحملها.

مثال: الكبريتات (SO_4^{2-})، الكربونات (CO_3^{2-})، الأمونيوم (NH_4^+)، النترات (NO_3^-)، النيتريت (NO_2^-)

③ عدد تأكسد المجموعة الأولى (1A) في مركباتها دائمًا = (+1) [Li , Na , K , Rb , Cs]

④ عدد تأكسد المجموعة الثانية (2A) في مركباتها دائمًا = (+2) [Mg , Ca , Ba , ...]

⑤ عدد تأكسد المجموعة الثالثة (3A) في مركباتها دائمًا = (+3) [Al , ...]

⑥ عدد تأكسد الهالوچينات (7A) [Cl , Br , I] = (−1) مع الفلزات أو الهيدروچين ،
عدد تأكسد [F] = (−1) دائمًا.

⑦ عدد تأكسد الأكسچين (O) في معظم مركباته = (−2) ... ماعدا

(أ) الأكاسيد الفوقية [H_2O_2 , Na_2O_2 , K_2O_2] عدد تأكسد الأكسچين فيها يساوي (−1)

(ب) سوبر أكسيد البوتاسيوم (KO_2) عدد تأكسد الأكسچين فيها يساوي ($-\frac{1}{2}$)

(جـ) ثاني فلوريد الأكسچين (OF_2) عدد تأكسد الأكسچين فيه يساوي (+2)

⑧ عدد تأكسد الهيدروچين (H) في معظم مركباته = (+1) ... ماعدا
هيدريدات الفلزات [LiH , NaH , CaH_2 , ...] عدد تأكسد الهيدروچين فيها يساوي (−1)

⑨ مجموع أعداد التأكسد للعناصر المختلفة في الجزيء المتعادل = (zero)

لاحظ أن: عدد التأكسد يخص ذرة واحدة أو أيونًا واحدًا في الجزيء.



احسب عدد تأكسد كل من :

① الفوسفور في جزيء حمض الأرثوفوسفوريك H_3PO_4

② الكبريت في ثيوكبريتات الصوديوم $Na_2S_2O_3$

③ الكروم في جزيء ثاني كرومات البوتاسيوم $K_2Cr_2O_7$

④ النيتروچين في كبريتات الأمونيوم $(NH_4)_2SO_4$

الإجابة

① $H_3PO_4 = (3\times1) + X + (4\times-2) = 0$ ⇨ $X = 8 - 3 = +5$ ⇨ $X = +5$

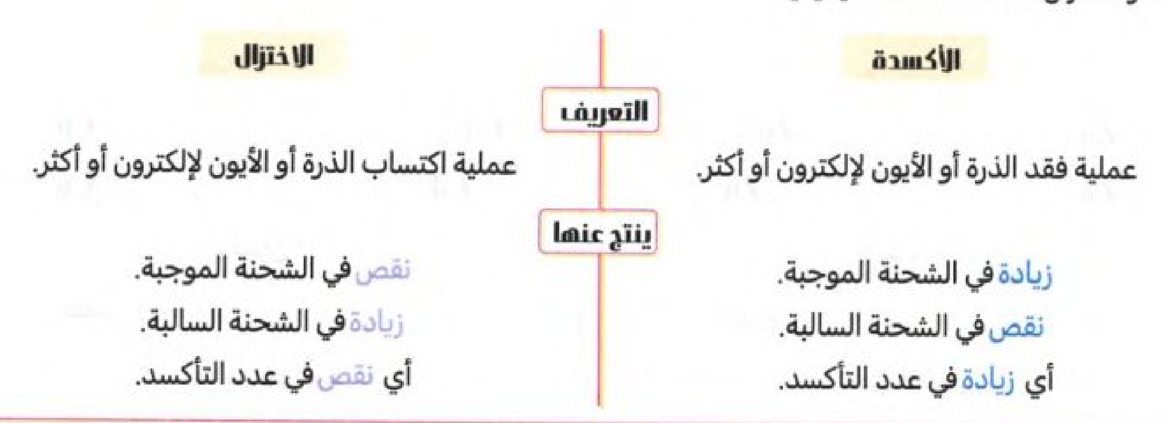
② $Na_2S_2O_3 = (2\times1) + 2X + (3\times-2) = 0$ ⇨ $2X = 6 - 2 = +4$ ⇨ $X = +2$

③ $K_2Cr_2O_7 = (2\times1) + 2X + (7\times-2) = 0$ ⇨ $2X = 14 - 2 = +12$ ⇨ $X = +6$

④ $(NH_4)_2SO_4 = 2X + (8\times1) - 2 = 0$ ⇨ $2X = 2 - 8 = 0$ ⇨ $2X = -6$ ⇨ $X = -3$

استخدام عدد التأكسد في تتبع عمليات الأكسدة والاختزال

يستخدم عدد التأكسد في تتبع عمليات الأكسدة والاختزال أي في معرفة التغير الذي يحدث للعنصر من حيث التأكسد والاختزال أثناء التفاعلات الكيميائية.



	الأكسدة	الاختزال
التعريف	عملية فقد الذرة أو الأيون لإلكترون أو أكثر.	عملية اكتساب الذرة أو الأيون لإلكترون أو أكثر.
ينتج عنها	زيادة في الشحنة الموجبة. نقص في الشحنة السالبة. أي زيادة في عدد التأكسد.	نقص في الشحنة الموجبة. زيادة في الشحنة السالبة. أي نقص في عدد التأكسد.

تفاعلات الأكسدة والاختزال

«هي تفاعلات كيميائية تنتقل فيها الإلكترونات من أحد المواد المتفاعلة إلى المادة الأخرى المتفاعلة معها»



- يتم حساب عدد التأكسد للعنصر المطلوب في الجزيء قبل وبعد حدوث التفاعل فلو حدث:
  1. زيادة في عدد التأكسد للعنصر دل على حدوث (أكسدة).
  2. نقص في عدد التأكسد للعنصر دل على حدوث (اختزال).
- تفاعلات الإحلال المزدوج بجميع أنواعها لا يحدث بها أكسدة أو اختزال ... علل؟

  لعدم حدوث فقد أو اكتساب إلكترونات لأي عنصر أثناء التفاعل.

$$NaOH_{(aq)} + HCl_{(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(\ell)}$$

- العنصر الذي يحدث له عملية أكسدة يعتبر هو أو المجموعة الذرية أو المركب الذي يوجد به (عامل مختزل).

  العنصر الذي يحدث له عملية اختزال يعتبر هو أو المجموعة الذرية أو المركب الذي يوجد به (عامل مؤكسد).

أمثلة محلولة

(١) وضح التغير الحادث من أكسدة واختزال لكل من الصوديوم والكلور في التفاعل التالي:

$$2Na + Cl_2 \longrightarrow 2NaCl$$

الحل

$Cl_2 \longrightarrow NaCl$

$2Cl = 0$, $(+1) + Cl = 0$

$Cl = 0 \xrightarrow{\text{اختزال}} Cl = -1$

حدثت عملية اختزال للكلور

لنقص عدد تأكسده من 0 إلى −1

Cl_2 عامل مؤكسد

$Na \longrightarrow NaCl$

$Na = 0$, $Na + (-1) = 0$

$Na = 0 \xrightarrow{\text{أكسدة}} Na = +1$

حدثت عملية أكسدة للصوديوم

لزيادة عدد تأكسده من 0 إلى +1

Na عامل مختزل



② وضح التغير الحادث من أكسدة واختزال لكل من الخارصين والنحاس في التفاعل التالي:

$$Zn + CuSO_4 \longrightarrow ZnSO_4 + Cu$$

الحل

$CuSO_4 \longrightarrow Cu$

$Cu + (-2) = 0$ ، $Cu = 0$

$Cu = +2 \xrightarrow{\text{اختزال}} Cu = 0$

حدثت عملية اختزال للنحاس

لنقص عدد تأكسده من +2 إلى 0

$CuSO_4$ عامل مؤكسد

$Zn \longrightarrow ZnSO_4$

$Zn = 0$ ، $Zn + (-2) = 0$

$Zn = 0 \xrightarrow{\text{أكسدة}} Zn = +2$

حدثت عملية أكسدة للخارصين

لزيادة عدد تأكسده من 0 إلى +2

Zn عامل مختزل

③ وضح التغير الحادث من أكسدة واختزال لكل من الحديد والكربون في التفاعل التالي:

$$Fe_2O_3 + 3CO \longrightarrow 2Fe + 3CO_2$$

الحل

$Fe_2O_3 \longrightarrow Fe$

$2Fe + (-2\times3) = 0$ ، $Fe = 0$

$Fe = +3 \xrightarrow{\text{اختزال}} Fe = 0$

حدثت عملية اختزال للحديد

لنقص عدد تأكسده من +3 إلى 0

Fe_2O_3 عامل مؤكسد

$CO \longrightarrow CO_2$

$C + (-2) = 0$ ، $C + (-2\times2) = 0$

$C = +2 \xrightarrow{\text{أكسدة}} C = +4$

حدثت عملية أكسدة للكربون

لزيادة عدد تأكسده من +2 إلى +4

CO عامل مختزل

④ وضح التغير الحادث من أكسدة واختزال لكل من الحديد والكبريت في التفاعل التالي:

$$2FeSO_4 \longrightarrow Fe_2O_3 + SO_2 + SO_3$$

الحل

$SO_4^{2-} \longrightarrow SO_2$

$S + (-2\times4) = -2$ ، $S + (-2\times2) = 0$

$S = +6 \xrightarrow{\text{اختزال}} S = +4$

حدثت عملية اختزال للكبريت

لنقص عدد تأكسده من +6 إلى +4

SO_4^{2-} عامل مؤكسد

$FeSO_4 \longrightarrow Fe_2O_3$

$Fe + (-2) = 0$ ، $2Fe + (-2\times3) = 0$

$Fe = +2 \xrightarrow{\text{أكسدة}} Fe = +3$

حدثت عملية أكسدة للحديد

لزيادة عدد تأكسده من +2 إلى +3

Fe^{2+} عامل مختزل



عناصر الفئة (s)
عناصر ممثلة

العدد الذري ← 1
الرمز الذري ← H
الإسم ← هيدروجين
الكتلة الذرية ← 1.008

عناصر الفئة (d)
عناصر إنتقالية رئيسية

عناصر الفئة (p)
عناصر ممثلة
عناصر خاملة

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIB	VIII			IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	0
1	H																	He
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Fl	Uup	Lv	Uus	Uuo

عناصر الفئة (f)
عناصر إنتقالية داخلية

سلسلة اللانثانيدات	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
سلسلة الأكتينيدات	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

d-Block Elements
Transition Elements

الباب الأول
العناصر الانتقالية

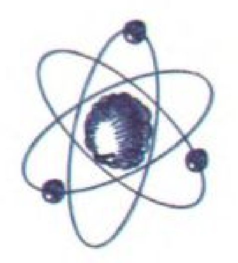
الدرس 1 عناصر السلسلة الانتقالية الأولى

الدرس 2 حالات التأكسد والتركيب الإلكتروني لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى

الدرس 3 الخواص العامة لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى

الدرس 4 استخلاص الحديد من خاماته

الدرس 5 خواص الحديد وأكاسيده





مخرجات تعلم الباب الأول

بعد دراسة هذا الباب يجب أن يكون الطالب قادرًا على أن:

١) يستكشف عناصر السلسلة الانتقالية الأولى.

٢) يتعرف الأهمية الاقتصادية لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى.

٣) يكتب التركيب الإلكتروني لعناصر السلسة الانتقالية الأولى.

٤) يحدد حالات التأكسد للعناصر الانتقالية.

٥) يفسر سهولة أكسدة بعض الأيونات وصعوبة ذلك في غيرها.

٦) يتعرف العنصر الانتقالي.

٧) يستنتج خواص العناصر الانتقالية.

٨) يفسر التدرج في بعض خواص عناصر السلسلة الانتقالية الأولى بزيادة أعداد الذرية.

٩) يحدد المواد الديامغناطيسية والبارامغناطيسية من التركيب الإلكتروني للعنصر الانتقالي.

١٠) يستنتج العلاقة بين ألوان أيونات العناصر الانتقالية وتركيبها الإلكتروني.

١١) يشرح سبب استخدام عناصر السلسلة الانتقالية الأولى كعوامل حفز.

١٢) يتعرف خامات الحديد.

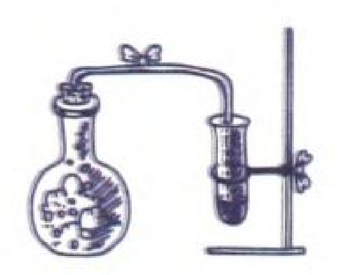
١٣) يتعرف عملية استخلاص الحديد من خاماته داخل الأفران المختلفة.

١٤) يتعرف مفهوم السبيكة وأنواعها واستخداماتها.

١٥) يقارن بين أنواع السبائك.

١٦) يعبر عن خواص الحديد بمعادلات رمزية.

١٧) يدرس طرق تحضير أكاسيد الحديد وخواصها.





الدرس 1 عناصر السلسلة الانتقالية الأولى

العناصر الانتقالية

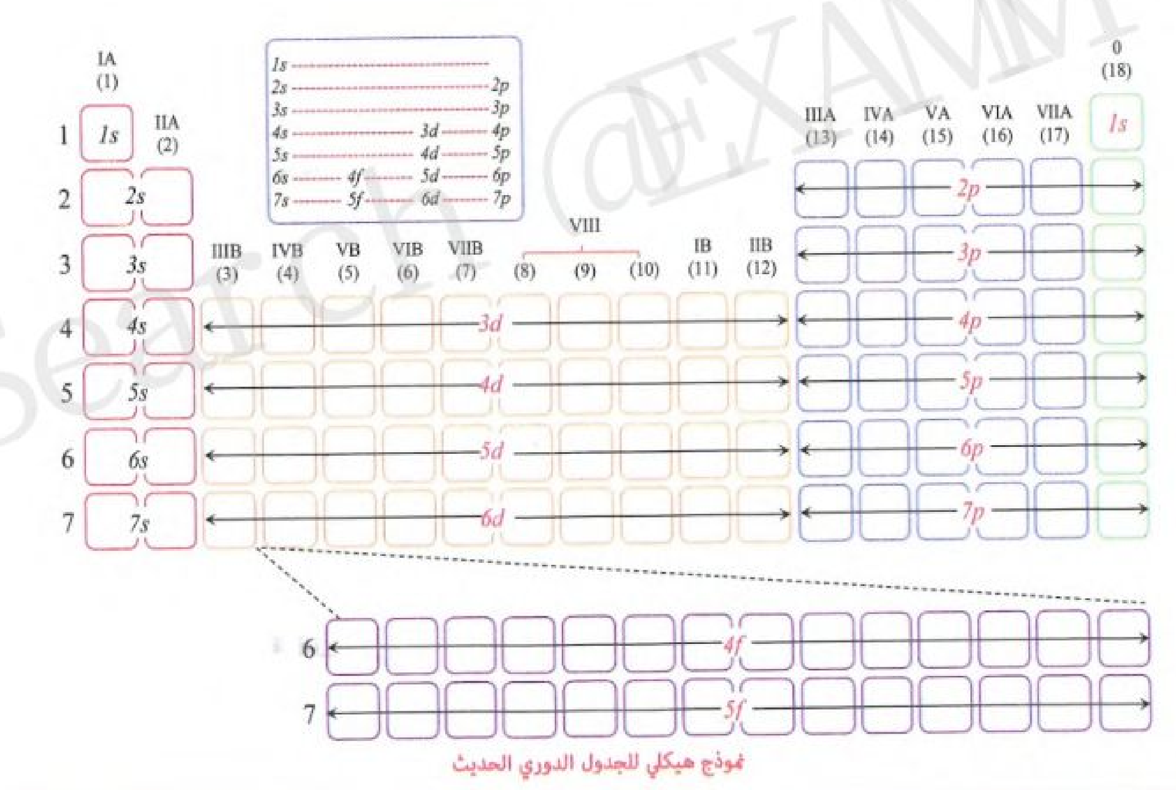
تذكران

– العناصر الممثلة: عناصر الفئتين p , s عدا العناصر الخاملة.

عناصر الفئة (s) وعناصر الفئة (p) تقعان على جانبي الجدول الدوري الطويل ،
الفئة (s) يسار الجدول والفئة (p) يمين الجدول.

– العناصر الخاملة: عناصر ينتهي توزيعها بالمستوى np^6 عدا الهيليوم ينتهي توزيعه بالمستوى $1s^2$

– العناصر الانتقالية: تحتل المنطقة الوسطى من الجدول بين الفئتين (s) ، (p)
وتشتمل على أكثر من 60 عنصرًا أي أكثر من نصف عدد العناصر المعروفة.



نموذج هيكلي للجدول الدوري الحديث



أكثر من نصف عناصر الجدول الدوري تقع في .... الجدول الدوري.

Ⓐ منتصف
Ⓑ أسفل
Ⓒ يمين
Ⓓ منتصف وأسفل



حالات التأكسد لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى

العنصر	الرمز	المجموعة	حالات التأكسد والشائعة منها	بعض المركبات
سكانديوم	$_{21}Sc$	IIIB	(3)	Sc_2O_3
تيتانيوم	$_{22}Ti$	IVB	2 3 (4)	TiO , Ti_2O_3 , TiO_2
ڤانديوم	$_{23}V$	VB	2 3 4 (5)	VO , V_2O_3 , VO_2 , V_2O_5
كروم	$_{24}Cr$	VIB	2 (3) 6	CrO , Cr_2O_3 , CrO_3
منجنيز	$_{25}Mn$	VIIB	2 3 (4) 6 7	MnO , Mn_2O_3 , MnO_2 , K_2MnO_4 , $KMnO_4$
حديد	$_{26}Fe$	VIII	2 (3) 6	FeO , Fe_2O_3
كوبلت	$_{27}Co$	VIII	(2) 3 4	$CoCl_2$, $CoCl_3$, $[CoF_6]^{2-}$
نيكل	$_{28}Ni$	VIII	(2) 3 4	NiO , Ni_2O_3 , NiO_2
نحاس	$_{29}Cu$	IB	1 (2)	Cu_2O , CuO
خارصين	$_{30}Zn$	IIB	(2)	ZnO



(١) • تعطي غالبية عناصر السلسلة الانتقالية الأولى حالة التأكسد (+2) ... علل؟

بسبب خروج إلكتروني المستوى الفرعي ($4s$)

• السكانديوم يعطي حالة التأكسد (+3) فقط ... علل؟

لأن التركيب الإلكتروني $[_{18}Ar]$, $3d^0$ أكثر ثباتًا واستقرارًا.

• السكانديوم لا يعطي حالة التأكسد (+4) ... علل؟

• التيتانيوم لا يعطي حالة التأكسد (+5) ... علل؟

• الڤانديوم لا يعطي حالة التأكسد (+6) ... علل؟

• الكروم لا يعطي حالة التأكسد (+7) ... علل؟

• المنجنيز لا يعطي حالة التأكسد (+8) ... علل؟

لأن ذلك يتسبب في كسر مستوى طاقة مكتمل.

(٢) تزداد حالات التأكسد من عنصر السكانديوم (Sc^{3+}) حتى تصل إلى أقصى قيمة لها في عنصر المنجنيز (Mn^{7+}) الذي يقع في المجموعة (7B) ثم تبدأ في التناقص بعد ذلك حتى نصل إلى حالة التأكسد (+2) في عنصر الخارصين (الزنك) الذي يقع في المجموعة (2B)

ومن ذلك يتضح أن أعلى عدد تأكسد لأي عنصر لا يتعدى رقم المجموعة التي ينتمي إليها **ماعدا** عناصر المجموعة (1B)[فلزات العملة Coinage metals] وهي(النحاس، الفضة، الذهب)



عنصر X انتقالي ويقع في الدورة الرابعة وله أعلى حالة تأكسد ممكنة فيها ويمكنه أن يكون جميع المركبات التالية **ماعدا** ....

(تجريبي ٢١)

(أ) XCl (ب) XCl_2 (ج) XCl_3 (د) XCl_4

④ التوزيع الإلكتروني لأيون العنصر الانتقالي يتم بفقد الإلكترونات من المستوى الفرعي $4s$ البعيد عن النواة ثم من المستوى $3d$ بالتتابع.

$_{22}Ti$: [Ar] , $4s^2$, $3d^2$ — $_{22}Ti^{2+}$: [Ar] , $4s^0$, $3d^2$ — $_{22}Ti^{3+}$: [Ar] , $4s^0$, $3d^1$

$_{27}Co$: [Ar] , $4s^2$, $3d^7$ — $_{27}Co^{2+}$: [Ar] , $4s^0$, $3d^7$ — $_{27}Co^{4+}$: [Ar] , $4s^0$, $3d^5$

⑤ تسهل أكسدة أيون الحديد II إلى أيون الحديد III بينما تصعب أكسدة أيون المنجنيز II إلى أيون المنجنيز III ... علل؟

لأن أيون Fe^{3+} أكثر استقرارًا

حيث إن المستوى الفرعي $3d^5$ نصف ممتلئ.

Fe^{2+} : [Ar] , $3d^6$ (⇅ ↑ ↑ ↑ ↑) —تسهل الأكسدة→ Fe^{3+} : [Ar] , $3d^5$ (↑ ↑ ↑ ↑ ↑)

أقل استقرارًا — أكثر استقرارًا (نصف ممتلئ)

تسهل الأكسدة في اتجاه تكوين التركيب الأكثر استقرارًا.

لأن أيون Mn^{2+} أكثر استقرارًا

حيث إن المستوى الفرعي $3d^5$ نصف ممتلئ.

Mn^{2+} : [Ar] , $3d^5$ (↑ ↑ ↑ ↑ ↑) —تصعب الأكسدة→ Mn^{3+} : [Ar] , $3d^4$ (↑ ↑ ↑ ↑ ☐)

أكثر استقرارًا (نصف ممتلئ) — أقل استقرارًا

تصعب الأكسدة في اتجاه تكوين التركيب الأقل استقرارًا.

شغل دماغك ٩

العنصر الانتقالي الذي يستخدم في عملية هدرجة الزيوت يكون التركيب الإلكتروني لأيونه M^{3+} هو .... (مصر أول ٢١)

Ⓐ $[_{18}Ar]$ $3d^7$ Ⓑ $[_{18}Ar]$ $3d^8$

Ⓒ $[_{18}Ar]$ $4s^2$, $3d^7$ Ⓓ $[_{18}Ar]$ $4s^2$, $3d^8$

شغل دماغك ١٠

العنصر X من عناصر السلسلة الانتقالية الأولى ويصعب اختزاله من X^{3+} إلى X^{2+} في الظروف المعتادة، فإن العنصر (X) هو .... (مصر أول ٢١)

Ⓐ Fe Ⓑ Mn

Ⓒ Co Ⓓ Ni

شغل دماغك ١١

عنصر (X) من عناصر السلسلة الانتقالية الأولى، ويلي العنصر (Z) في السلسلة والذي يسهل تأكسده من $Z^{2+} \longrightarrow Z^{3+}$

فإن العنصر (X) هو .... (مصر ثان ٢٢)

Ⓐ Fe Ⓑ Mn

Ⓒ Co Ⓓ Zn

الدرس 2 التركيب الإلكتروني وحالات التأكسد لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى

التركيب الإلكتروني لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى

العنصر	الرمز	المجموعة		التركيب الإلكتروني	
سكانديوم	$_{21}Sc$	3	IIIB	$[_{18}Ar], 4s^2, 3d^1$	$4s^2$ [↑↓] $3d^1$ [↑][ ][ ][ ][ ]
تيتانيوم	$_{22}Ti$	4	IVB	$[_{18}Ar], 4s^2, 3d^2$	$4s^2$ [↑↓] $3d^2$ [↑][↑][ ][ ][ ]
ڤانديوم	$_{23}V$	5	VB	$[_{18}Ar], 4s^2, 3d^3$	$4s^2$ [↑↓] $3d^3$ [↑][↑][↑][ ][ ]
كروم	$_{24}Cr$	6	VIB	$[_{18}Ar], 4s^1, 3d^5$	$4s^1$ [↑] $3d^5$ [↑][↑][↑][↑][↑]
منجنيز	$_{25}Mn$	7	VIIB	$[_{18}Ar], 4s^2, 3d^5$	$4s^2$ [↑↓] $3d^5$ [↑][↑][↑][↑][↑]
حديد	$_{26}Fe$	8	VIII	$[_{18}Ar], 4s^2, 3d^6$	$4s^2$ [↑↓] $3d^6$ [↑↓][↑][↑][↑][↑]
كوبلت	$_{27}Co$	9		$[_{18}Ar], 4s^2, 3d^7$	$4s^2$ [↑↓] $3d^7$ [↑↓][↑↓][↑][↑][↑]
نيكل	$_{28}Ni$	10		$[_{18}Ar], 4s^2, 3d^8$	$4s^2$ [↑↓] $3d^8$ [↑↓][↑↓][↑↓][↑][↑]
نحاس	$_{29}Cu$	11	IB	$[_{18}Ar], 4s^1, 3d^{10}$	$4s^1$ [↑] $3d^{10}$ [↑↓][↑↓][↑↓][↑↓][↑↓]
خارصين	$_{30}Zn$	12	IIB	$[_{18}Ar], 4s^2, 3d^{10}$	$4s^2$ [↑↓] $3d^{10}$ [↑↓][↑↓][↑↓][↑↓][↑↓]

ملاحظات

فلز ← صلب ← يتكون من ذرة واحدة
لا فلز ← هالوجينات ← تتكون من ذرتين

① تقع عناصر المجموعة الانتقالية الأولى في الدورة الرابعة بعد الكالسيوم وتركيبه الإلكتروني $_{20}Ca: [Ar], 4s^2$ ثم يتتابع بعد ذلك امتلاء الأوربيتالات الخمسة للمستوى الفرعي $(3d)$ بإلكترون مفرد في كل أوربيتال بالتتابع حتى نصل إلى المنجنيز $(3d^5)$ ثم يتوالى بعد ذلك ازدواج إلكترونين في كل أوربيتال حتى نصل إلى الخارصين $(3d^{10})$ حسب قاعدة هوند.

② شذوذ التركيب الإلكتروني لكل من الكروم $_{24}Cr$، والنحاس $_{29}Cu$ عن باقي السلسلة الانتقالية الأولى ... علل؟

عنصر الكروم $(_{24}Cr)$

المستويان الفرعيان $(4s^1)$، $(3d^5)$ نصف ممتلئين مما يجعل الذرة أقل طاقة وبالتالي أكثر استقرارًا.

$4s^1$ [↑] $3d^5$ [↑][↑][↑][↑][↑]

عنصر النحاس $(_{29}Cu)$

المستوى الفرعي $(4s^1)$ نصف ممتلئ والمستوى الفرعي $(3d^{10})$ تام الامتلاء مما يجعل الذرة أقل طاقة وبالتالي أكثر استقرارًا.

$4s^1$ [↑] $3d^{10}$ [↑↓][↑↓][↑↓][↑↓][↑↓]

③ الامتلاء الكامل أو النصفي للمستوى الفرعي ليس هو العامل الوحيد لثبات التركيب الإلكتروني للعنصر في المركب.

⑨ النحاس ($_{29}Cu$)



كابلات النحاس الكهربائية

مقبض باب من النحاس الأصفر

الوصف

يعتبر النحاس – تاريخيًا – أول فلز عرفه الإنسان.

الاستخدام



ميدالية برونزية

عملات نحاسية



محلول فهلنج

(١) يستخدم في صناعة الكابلات الكهربائية لأنه موصل جيد للكهرباء.

(٢) صناعة سبائك العملات المعدنية.

(٣) صناعة سبيكة البرونز (نحاس + قصدير).

(٤) صناعة سبيكة النحاس الأصفر (نحاس + خارصين).

أهم مركباته

(١) كبريتات النحاس II ($CuSO_4$): يستخدم كمبيد حشري وكمبيد للفطريات في عمليات تنقية مياه الشرب.

(٢) محلول فهلنج: يستخدم في الكشف عن سكر الجلوكوز حيث يتحول من اللون الأزرق إلى اللون البرتقالي.

⑩ الخارصين ($_{30}Zn$)

فلز الخارصين (الزنك)

الوصف

لا يعتبر عنصر انتقالي.

الاستخدام

يستخدم في جلفنة باقي الفلزات لحمايتها من الصدأ.

أهم مركباته



الطلاءات المضيئة في مخارج الطوارئ

(١) أكسيد الخارصين (ZnO): **يدخل في صناعة:** (الدهانات – المطاط – مستحضرات التجميل)

(٢) كبريتيد الخارصين (ZnS): **يستخدم في صناعة:** (الطلائات المُضيئة – شاشات الأشعة السينية)



العناصر .... تدخل في صناعة ملفات التسخين، والمغناطيسات، والطائرات، وجلفنه المعادن على الترتيب.

(أ) النيكل – الحديد – التيتانيوم – النحاس.

(ب) النيكل – الكوبلت – المنجنيز – الخارصين.

(ج) الكروم – الحديد – السكانديوم – النحاس.

(د) الكروم – الكوبلت – التيتانيوم – الخارصين.




٧ الكوبلت ($_{27}Co$)

الوصف

(١) قابل للتمغنط مثل الحديد.

(٢) له اثنا عشر نظيرًا مُشعًا أهمها الكوبلت 60

الاستخدام



بطارية سيارات جافة

• **يستخدم مثل الحديد في:**

(١) صناعة المغناطيسات.

(٢) البطاريات الجافة في السيارات الحديثة.

• **الكوبلت 60** يصدر أشعة جاما التي تتميز بقدرة عالية على النفاذ،
لذا **تستخدم في:**


جهاز الكشف عن الأورام الخبيثة

(١) عمليات حفظ المواد الغذائية.

(٢) التأكد من جودة المنتجات حيث تكشف عن مواقع الشقوق ولحام الوصلات.

(٣) في الطب في الكشف عن الأورام الخبيثة وعلاجها.

٨ النيكل ($_{28}Ni$)

الوصف

مقاوم للصدأ وله مظهر لامع.

الاستخدام


بطارية النيكل - كادميوم

(١) صناعة بطاريات النيكل – كادميوم (Ni – Cd) القابلة لإعادة الشحن.

(٢) يكون مع الصلب سبائك تتميز بالصلابة ومقاومة الصدأ ومقاومة الأحماض.

(٣) يكون مع الكروم سبائك تستخدم في ملفات التسخين والأفران الكهربية؛
لأنها تقاوم التآكل حتى وهي مُسخنة لدرجة الاحمرار.


فرن كهربائي

(٤) يستخدم النيكل في طلاء معادن كثيرة ليحميها من الأكسدة والتآكل ويعطيها شكلًا أفضل.

(٥) يستخدم النيكل المُجزأ في هدرجة الزيوت.



إذا علمت أن حمض الهيدروفلوريك عند وضعه في إناء زجاجي فإنه يعمل على تآكل وتلف الإناء،
فما العنصر الانتقالي الذي يستخدم كبديل للزجاج لحفظ حمض الهيدروفلوريك؟ ....

(أ) الحديد. (ب) السكانديوم.

(ج) الكوبلت. (د) النيكل.

⑤ المنجنيز ($_{25}Mn$)

الوصف

يستخدم دائمًا في صورة سبائك أو مركبات ولا يستخدم وهو في حالته النقية لهشاشته الشديدة.

الاستخدام

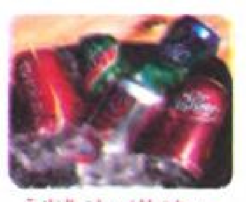


خطوط السكك الحديدية

① يكون مع الحديد سبائك تستخدم في صناعة خطوط السكك الحديدية؛ لأنها أصلب من الصلب.

② يكون مع الألومنيوم سبائك تستخدم في صناعة عبوات المشروبات الغازية؛ لأنها مقاومة للتآكل.

أهم مركباته



عبوات المشروبات الغازية

① ثاني أكسيد المنجنيز (MnO_2): **ومن أهم استخداماته:**

- عامل مؤكسد قوي ويستخدم في صناعة العمود الجاف.
- عامل حفاز في انحلال فوق أكسيد الهيدروچين للحصول على الأكسچين.

② برمنجنات البوتاسيوم ($KMnO_4$): يستخدم كمادة مؤكسدة ومطهرة.

③ كبريتات المنجنيز II ($MnSO_4$): يستخدم كمبيد للفطريات.

---

⑥ الحديد ($_{26}Fe$)





مغناطيس حديدي — أدوات جراحية — مدفع حديدي

الوصف

① قابل للتمغنط.

② الحديد النقي لين نسبيًا ليس شديد الصلابة.

③ أكثر العناصر الانتقالية وفرة في القشرة الأرضية.

الاستخدام



أبراج كهربائية حديدية

- **يستخدم في صناعة:**

① الخرسانات المُسلحة. ② أبراج الكهرباء.

③ السكاكين. ④ مواسير البنادق والمدافع.

⑤ الأدوات الجراحية. ⑥ المغناطيسات.

- **يستخدم كعامل حفاز في:**

① صناعة النشادر بطريقة (هابر – بوش).

② تحويل الغاز المائي (خليط من الهيدروچين وأول أكسيد الكربون) إلى وقود سائل بطريقة (فيشر– تروبش).

شغل دماغك ٦

يمكن استخدام .... في صناعة خزائن النقود.

Ⓐ المنجنيز النقي. Ⓑ سبيكة الألومنيوم والمنجنيز.

Ⓒ الحديد النقي. Ⓓ سبيكة الحديد والمنجنيز.



❸ الفانديوم ($_{23}V$)


زنبركات السيارة

الوصف

مقاوم للتآكل.

الاستخدام

يضاف بنسبة ضئيلة إلى الصلب ليكون سبيكة تتميز بقساوة عالية ومقاومة للتآكل، لذا تستخدم في صناعة زنبركات السيارات.


مغناطيس فائق التوصيل

أهم مركباته

خامس أكسيد الفانديوم (V_2O_5): **ويستخدم:**

① كصبغة في صناعة السيراميك والزجاج.

② كعامل حفاز في صناعة المغناطيسات فائقة التوصيل.

③ كعامل حفاز في صناعة حمض الكبريتيك بطريقة التلامس.

④ كعامل حفاز في تحضير حمض البنزويك.


مركبات الفانديوم

❹ الكروم ($_{24}Cr$)

الوصف

عنصر على درجة عالية من النشاط الكيميائي لكنه يقاوم فعل العوامل الجوية؛ بسبب تكون طبقة من الأكسيد على سطحه ويكون حجم جزيئات الأكسيد المتكون أكبر من حجم ذرات العنصر نفسه مما يعطي سطحًا غير مساميًا من طبقة الأكسيد تمنع استمرار تفاعل الكروم مع أكسچين الجو.

الاستخدام

① طلاء المعادن.

② دباغة الجلود.


الأصباغ من مركبات الكروم


محلول ثاني كرومات البوتاسيوم قبل وبعد الأكسدة

أهم مركباته

① أكسيد الكروم III (Cr_2O_3): يستخدم في عمل الأصباغ.

② ثاني كرومات البوتاسيوم ($K_2Cr_2O_7$): يستخدم كمادة مؤكسدة حيث يتحول لونها البرتقالي إلى الأخضر بعد الأكسدة.



للتغلب على مُشكلة ضعف هياكل السيارات عند السير في الطرق غير الممهدة، ما العنصر الانتقالي الذي يضاف للصلب للقضاء على هذه المُشكلة؟ ....

(أ) الفانديوم.
(ب) السكانديوم.
(ج) التيتانيوم.
(د) الكوبلت.

الأهمية الاقتصادية لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى

① السكانديوم ($_{21}Sc$)


طائرة الميج المقاتلة

الوصف

يوجد بكميات صغيرة جدًا موزعة على نطاق واسع من القشرة الأرضية.

الاستخدام

① يضاف بنسبة ضئيلة إلى الألومنيوم ليكون سبيكة تتميز بخفتها وشدة صلابتها،
لذا تستخدم في صناعة طائرات الميج المقاتلة.

② يضاف إلى مصابيح أبخرة الزئبق لإنتاج ضوء عالي الكفاءة يشبه ضوء الشمس،
لذا تستخدم هذه المصابيح في التصوير التلفزيوني أثناء الليل.


مصابيح أبخرة الزئبق

② التيتانيوم ($_{22}Ti$)

الوصف

① عنصر شديد الصلابة كالصلب Steel ولكنه أقل كثافة منه.

② يحافظ على قوته ومتانته في درجات الحرارة العالية.


مركبات الفضاء

الاستخدام

① يكون مع الألومنيوم سبيكة تستخدم في صناعة الطائرات ومركبات الفضاء.

② يستخدم في عمليات زراعة الأسنان والمفاصل الصناعية؛
لأن الجسم لا يلفظه ولا يسبب أي نوع من التسمم.


عملية زراعة الأسنان

أهم مركباته

• ثاني أكسيد التيتانيوم (TiO_2) :
يدخل في تركيب مستحضرات الحماية من أشعة الشمس؛
لأن دقائقه النانوية تمنع وصول الأشعة فوق البنفسجية للجلد.


المفاصل الصناعية



مستحضر طبي واقي لأشعة الشمس



ما العنصر الانتقالي الأقل كثافة من الصلب والذي يحافظ على متانته عند التسخين؟ ....

ⓐ السكانديوم.

ⓑ التيتانيوم.

ⓒ الفانديوم.

ⓓ النيكل.



ثانيًا الدورات الأفقية

السلسلة الانتقالية	تقع في الدورة	يتتابع فيها امتلاء المستوى	تبدأ بعنصر	تنتهي بعنصر
الأولى	الرابعة	3d	سكانديوم $_{21}Sc : [Ar]\ 4s^2 , 3d^1$	خارصين $_{30}Zn : [Ar]\ 4s^2 , 3d^{10}$
الثانية	الخامسة	4d	إتيريوم $_{39}Y : [Kr]\ 5s^2 , 4d^1$	كادميوم $_{48}Cd : [Kr]\ 5s^2 , 4d^{10}$
الثالثة	السادسة	5d	لانثانيوم $_{57}La : [Xe]\ 6s^2 , 5d^1$	زئبق $_{80}Hg : [Xe]\ 6s^2 , 5d^{10}$
الرابعة	السابعة	6d	أكتنيوم $_{89}Ac : [Rn]\ 7s^2 , 6d^1$	كوبرنسيوم $_{112}Cn : [Rn]\ 7s^2 , 6d^{10}$



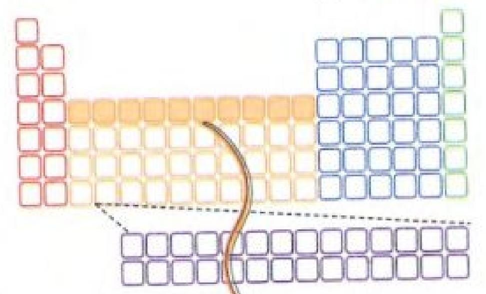
ما التوزيع الإلكتروني لعنصر يقع في السلسلة الانتقالية الثانية والمجموعة الرأسية IIIB ؟ ....

(أ) $4s^1 , 3d^{10}$
(ب) $5s^1 , 4d^{10}$
(ج) $5s^2 , 4d^1$
(د) $4s^2 , 3d^1$

السلسلة الانتقالية الأولى

تقع عناصر السلسلة الانتقالية الأولى في الدورة **الرابعة**، بعد عنصر الكالسيوم $_{20}Ca$

وتشتمل هذه السلسلة على 10 عناصر، هي:



المجموعة	3B	4B	5B	6B	7B	8			1B	2B
العنصر	سكانديوم	تيتانيوم	ڤانديوم	كروم	منجنيز	حديد	كوبلت	نيكل	نحاس	خارصين
الرمز	$_{21}Sc$	$_{22}Ti$	$_{23}V$	$_{24}Cr$	$_{25}Mn$	$_{26}Fe$	$_{27}Co$	$_{28}Ni$	$_{29}Cu$	$_{30}Zn$
الوزن %	0.0026	0.66	0.02	0.014	0.11	5.1	0.003	0.0089	0.0068	0.0078

ويبين الجدول السابق النسبة المئوية بالوزن لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى في القشرة الأرضية ورغم أن عناصر السلسلة الانتقالية الأولى مجتمعة يكون حوالي 7% من وزن القشرة الأرضية إلا أن أهميتها الاقتصادية كبيرة

والتي نعرضها فيما يلي:

تنقسم العناصر الانتقالية إلى قسمين رئيسيين هما:

① العناصر الانتقالية الرئيسية ② العناصر الانتقالية الداخلية

وسوف نكتفي بدراسة العناصر الانتقالية الرئيسية «عناصر الفئة d» وهي عناصر يتتابع فيها امتلاء المستوى الفرعي (d).

العناصر الانتقالية الرئيسية «عناصر الفئة d»

- تبدأ من الدورة الرابعة.
- يتتابع فيها امتلاء المستوى الفرعي (d).

يمكن تقسيم العناصر الانتقالية الرئيسية إلى مجموعات ودورات كالتالي:

أولاً المجموعات الرأسية

- تتكون من عشرة أعمدة رأسية يبدأ العمود الأول (IIIB) منها بعناصر يكون تركيبها الإلكتروني ns^2 , $(n-1)d^1$ ثم يتتابع امتلاء المستوى الفرعي (d) حتى نصل إلى العمود الأخير (IIB) ويكون لعناصره التركيب الإلكتروني ns^2 , $(n-1)d^{10}$
- هذه الأعمدة من يسار إلى يمين الجدول الدوري هي عبارة عن **المجموعات الآتية:**

IIIB	IVB	VB	VIB	VIIB	VIII			IB	IIB
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12



- عناصر السلسلة الانتقالية الرئيسية تتوزع في الجدول الدوري في عشرة (10) أعمدة رأسية ... علل؟

لأن المستوى الفرعي d يتشبع بعشرة إلكترونات.

- الأعمدة العشرة تتكون من سبعة أعمدة تخص المجموعات (B) وثلاثة أعمدة تخص المجموعة الثامنة.
- عناصر الفئة (d) تتوزع في ثماني مجموعات رغم أن المستوى الفرعي (d) يتسع لعشرة إلكترونات ... علل؟

لأن المجموعة الثامنة (VIII) في الجدول الدوري تتكون من ثلاثة أعمدة رأسية.

- تختلف عناصر المجموعة الثامنة (VIII) التي تشتمل على ثلاثة أعمدة رأسية وهي المجموعات (8) , (9) , (10) عن بقية المجموعات (B) في وجود تشابه بين عناصرها الأفقية أكثر من التشابه بين العناصر الرأسية.



التوزيع الإلكتروني لذرات عناصر ثاني مجموعة رأسية من عناصر السلسلة الانتقالية يكون ....

ⓐ $ns^2 , (n-1)\ d^9$

ⓑ $ns^2 , (n-1)\ d^2$

ⓒ $ns^1 , (n-1)\ d^{10}$

ⓓ $ns^2 , (n-1)\ d^1$

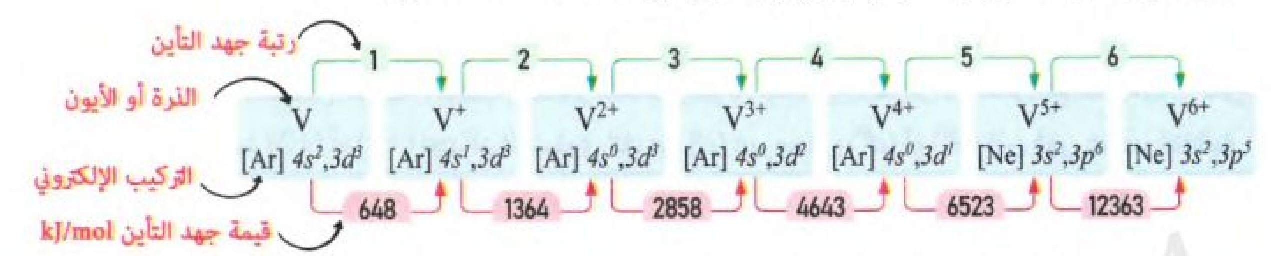
تذكران جهد التأين: مقدار الطاقة اللازمة لإزالة أو فصل أقل الإلكترونات ارتباطًا بالذرة المفردة الغازية.

③ تتميز العناصر الانتقالية بتعدد حالات تأكسدها ... علل؟

لأن الإلكترونات المفقودة من الذرة عند تأكسد العناصر الانتقالية تخرج من المستوى الفرعي $(4s)$ ثم المستوى الفرعي القريب منه في الطاقة $(3d)$ بالتتابع.

ولذلك نلاحظ أن طاقات التأين المتتالية لذرة الفلز الانتقالي تزداد تدريجيًا.

مثال: جهود تأين الفاناديوم مقدرة بالكيلو جول / مول في حالات التأكسد المتتالية.



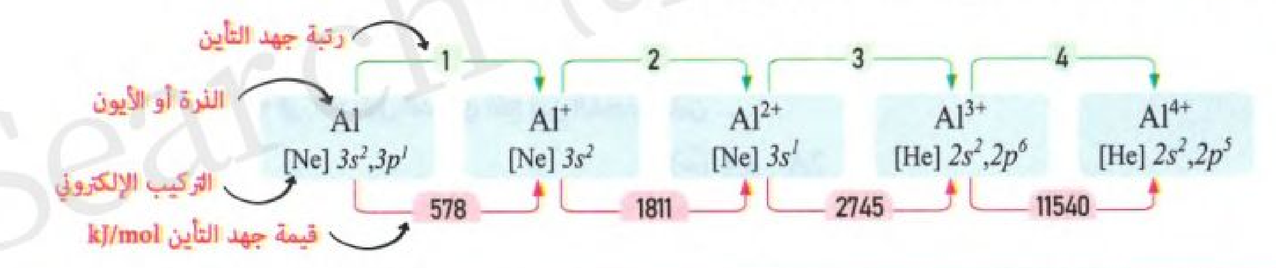
• لا تتميز الفلزات الممثلة بتعدد حالات تأكسدها التي غالبًا ما يكون لها حالة تأكسد واحدة.

• جهد التأين الثاني للصوديوم أو الثالث للماغنسيوم أو الرابع للألومنيوم كبير جدًا ... علل؟

أي لا يمكن الحصول على Na^{2+} أو Mg^{3+} أو Al^{4+} بالتفاعل الكيميائي العادي ... علل؟

لأن ذلك يتسبب في كسر مستوى طاقة مكتمل.

مثال: جهود تأين الألومنيوم مقدرة بالكيلو جول / مول في حالات التأكسد المتتالية.



شغل دماغك ١٣

عنصر انتقالي رئيسي أحد حالات تأكسده X^{3+} تسبب في جعل المستوى الفرعي d يحتوي على 2 إلكترون فإن جهد تأين العنصر يكون مرتفع جدًا في حالة التأكسد .... (تجريبي ٢١)

Ⓐ X^{6+} Ⓑ X^{3+} Ⓒ X^{5+} Ⓓ X^{4+}

شغل دماغك ١٤

عنصران (X)، (Y) التركيب الإلكتروني لكاتيوناتهما هي: $Y^{6+} : [_{18}Ar] , 3d^2$ $X^{4+} : [_{18}Ar] , 3d^1$

ما مميزات السبيكة المتكونة من العنصر (X) مع أحد سبائك العنصر (Y) مع الكربون هي .... (تجريبي ٢٣)

Ⓐ خفيفة الوزن وشديدة الصلابة.
Ⓑ تقاوم التآكل ولها قساوة عالية.
Ⓒ تقاوم التآكل في درجات الحرارة العالية.
Ⓓ تحافظ على متانتها في درجات الحرارة المرتفعة.



العنصر الانتقالي

بعد استعراضنا لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى وتركيبها الإلكتروني وحالات تأكسدها
يمكننا الآن أن نصل إلى تعريف للعناصر الانتقالية بوجه عام **كما يلي:**

العنصر الانتقالي

العنصر الذي تكون فيه الأوربيتالات d أو f مشغولة بالإلكترونات، ولكنها غير ممتلئة سواء في الحالة الذرية، أو في أي حالة من حالات التأكسد.



① تعتبر فلزات العملة (النحاس، الفضة، الذهب) عناصر انتقالية رغم أن المستوى الفرعي d ممتلئ بالإلكترونات ... علل؟

لأنه في حالة التأكسد $(+2)$ أو $(+3)$ نجد أن المستوى الفرعي (d) غير ممتلئ (d^9) أو (d^8) إذن فهي عناصر انتقالية.

التركيب الإلكتروني للذرة	التركيب الإلكتروني لأيون $(+2)$	التركيب الإلكتروني لأيون $(+3)$
$ns^1 , (n-1)d^{10}$	$ns^0 , (n-1)d^9$	$ns^0 , (n-1)d^8$

② فلزات المجموعة 2B (الخارصين ، الكادميوم ، الزئبق) لا تعتبر عناصر انتقالية رغم أنها من عناصر الفئة d ... علل؟

لأن المستوى الفرعي (d) لها ممتلئ بالإلكترونات دائمًا (d^{10}) سواء في الحالة الذرية أو في حالة التأكسد $(+2)$

التركيب الإلكتروني للذرة	التركيب الإلكتروني لأيون $(+2)$
$ns^2 , (n-1)d^{10}$	$ns^0 , (n-1)d^{10}$



عناصر السلاسل الانتقالية في الجدول الدوري تقع بين المجموعتين ....

Ⓐ 1A , 2A
Ⓑ 2A , 3A
Ⓒ 2A , 2B
Ⓓ 3B , 2B



العناصر الانتقالية في الجدول الدوري تقع بين المجموعتين ....

Ⓐ 1A , 2A
Ⓑ 2A , 3A
Ⓒ 2A , 2B
Ⓓ 3B , 2B



العنصر X من فلزات العملة وهو عنصر انتقالي، والمركبات التي تثبت ذلك هي .... (تجريبي ٢١)

Ⓐ X_2O_3 , XO
Ⓑ XCl , XO
Ⓒ X_2O_3 , X_2O
Ⓓ X_2O_3 , XCl

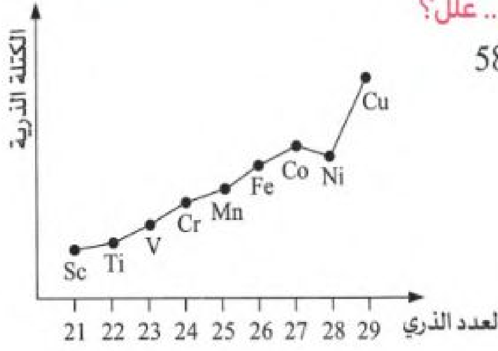
الخواص العامة لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى

١ الكتلة الذرية

العنصر	سكانديوم	تيتانيوم	ڤانديوم	كروم	منجنيز	حديد	كوبلت	نيكل	نحاس
الرمز	$_{21}Sc$	$_{22}Ti$	$_{23}V$	$_{24}Cr$	$_{25}Mn$	$_{26}Fe$	$_{27}Co$	$_{28}Ni$	$_{29}Cu$
الكتلة الذرية	45.0	47.9	51.0	52.0	54.9	55.9	58.9	58.7	63.5

تزداد الكتلة الذرية بالتدريج بزيادة العدد الذري ويشذ عن ذلك النيكل ... علل؟

بسبب وجود خمسة نظائر مُستقرة للنيكل المتوسط الحسابي لها 58.7 u





- الكتلة الذرية للعنصر = مجموع مساهمات النظائر المُستقرة فقط.
- مساهمة النظير = نسبة وجود النظير في الطبيعة × كتلته الذرية.



احسب الكتلة الذرية للنيكل من خلال القيم التالية :

النظير	$^{58}_{28}Ni$	$^{60}_{28}Ni$	$^{61}_{28}Ni$	$^{62}_{28}Ni$	$^{64}_{28}Ni$
الكتلة الذرية النسبية	57.93535	59.93079	60.93106	61.92835	63.92797
نسبة وجوده	68.077%	26.223%	1.14%	3.634%	0.926%

الإجابة

الكتلة الذرية = مساهمة $^{58}_{28}Ni$ + مساهمة $^{60}_{28}Ni$ + مساهمة $^{61}_{28}Ni$ + مساهمة $^{62}_{28}Ni$ + مساهمة $^{64}_{28}Ni$

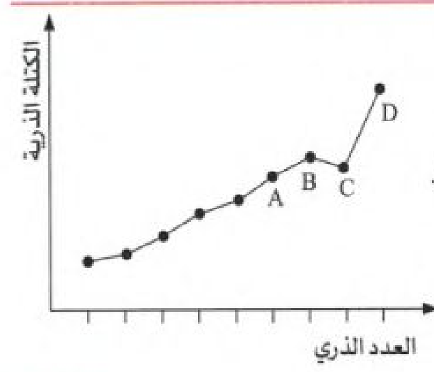
الكتلة الذرية = $(57.93535 \times \frac{68.077}{100}) + (59.93079 \times \frac{26.223}{100}) + (60.93106 \times \frac{1.14}{100}) +$

$(61.92835 \times \frac{3.634}{100}) + (63.92797 \times \frac{0.926}{100}) = 58.69334\ u$



الشكل يمثل عناصر انتقالية في السلسلة الانتقالية الأولى،
يمكن استخدام عناصر .... في صناعة المغناطيسيات لقابليتها الكبيرة للتمغنط.

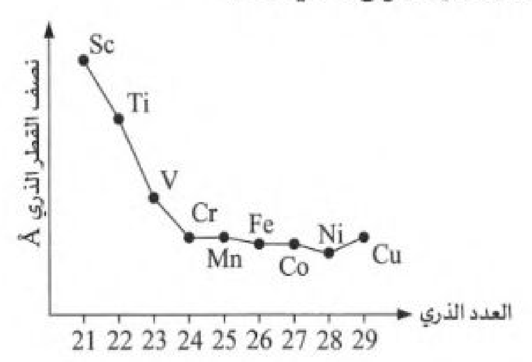
(أ) A , B
(ب) C , D
(جـ) A , C
(د) B , D



❷ نصف القطر

العنصر	سكانديوم	تيتانيوم	ڤانديوم	كروم	منجنيز	حديد	كوبلت	نيكل	نحاس
الرمز	$_{21}Sc$	$_{22}Ti$	$_{23}V$	$_{24}Cr$	$_{25}Mn$	$_{26}Fe$	$_{27}Co$	$_{28}Ni$	$_{29}Cu$
نصف القطر (Å)	1.44	1.32	1.22	1.17	1.17	1.16	1.16	1.15	1.17

يلاحظ أن أنصاف الأقطار الذرية لا تتغير كثيرًا عند انتقالنا عبر السلسلة الانتقالية الأولى **كما يلاحظ:**



الثبات النسبي لنصف القطر من الكروم إلى النحاس ... **علل؟**

يرجع ذلك إلى عاملين متعاكسين:

① العامل الأول: يعمل على **نقص** نصف قطر الذرة، وهو زيادة الشحنة الفعالة للنواة مع زيادة العدد الذري لهذه العناصر فيزداد جذب النواة للإلكترونات.

② العامل الثاني: يعمل على **زيادة** نصف قطر الذرة، وهو تزايد عدد إلكترونات المستوى الفرعي $3d$ فتزداد قوى التنافر بينها.

تستخدم عناصر السلسلة الانتقالية الأولى في انتاج السبائك ... **علل؟**

بسبب الثبات النسبي في أنصاف أقطارها.



- شحنة النواة الفعالة: «شحنة النواة الفعلية التي يتأثر بها إلكترون ما في ذرة ما».
- الإلكترونات الداخلية بالمدارات المكتملة تحجب جزء من تلك الشحنة عن إلكترونات التكافؤ.
- في عناصر السلسلة الانتقالية الأولى بزيادة العدد الذري يظل عدد المستويات المكتملة ثابتة ولكن يزداد عدد البروتونات فتزداد شحنة النواة الفعالة.
- في عناصر السلسلة الانتقالية الأولى هناك علاقة طردية بين كل مما يأتي:
  العدد الذري و الكتلة الذرية و شحنة النواة الفعالة و جهد التأين الأول.



التركيب الإلكتروني لكاتيونات عناصر (X) ، (Y) ، (Z) في مركباتها كما في الجدول:

المركب	التركيب الإلكتروني للأيون الموجب
X_2O_3	$[_{18}Ar]\ 3d^3$
YO_2	$[_{18}Ar]\ 3d^3$
Z_2O_3	$[_{18}Ar]\ 3d^1$

فإن الترتيب الصحيح لهذه العناصر حسب الشحنة الفعالة لأنويتها يكون .... (مصر ثان ٢٣)

Ⓐ $X < Y < Z$ Ⓑ $Y < X < Z$ Ⓒ $X < Z < Y$ Ⓓ $Z < X < Y$



٣ الخاصية الفلزية

تظهر الخاصية الفلزية بوضوح بين عناصر هذه السلسلة ويتضح ذلك فيما يلي :

① جميعها فلزات صلبة تمتاز باللمعان والبريق **وجودة** التوصيل للحرارة والكهرباء.

② لها درجات انصهار وغليان مرتفعة ... علل؟

بسبب الترابط القوي بين الذرات والذي يتضمن اشتراك إلكترونات $4s$ ، $3d$ في هذا الترابط (الرابطة الفلزية).

العنصر	نحاس	نيكل	كوبلت	حديد	منجنيز	كروم	ڤاناديوم	تيتانيوم	سكانديوم
الرمز	$_{29}Cu$	$_{28}Ni$	$_{27}Co$	$_{26}Fe$	$_{25}Mn$	$_{24}Cr$	$_{23}V$	$_{22}Ti$	$_{21}Sc$
درجة الانصهار (°C)	1083	1492	1490	1528	1247	1890	1710	1680	1397
درجة الغليان (°C)	2582	2800	3520	2800	2087	2480	3530	3130	3900

③ معظمها فلزات ذات كثافة عالية وتزداد الكثافة عبر السلسلة بزيادة العدد الذري ... علل؟

لزيادة الكتلة الذرية تدريجيًا مع ثبات الحجم الذري تقريبًا.

العنصر	نحاس	نيكل	كوبلت	حديد	منجنيز	كروم	ڤاناديوم	تيتانيوم	سكانديوم
الرمز	$_{29}Cu$	$_{28}Ni$	$_{27}Co$	$_{26}Fe$	$_{25}Mn$	$_{24}Cr$	$_{23}V$	$_{22}Ti$	$_{21}Sc$
الكثافة (g/cm^3)	8.92	8.90	8.70	7.87	7.21	7.19	6.07	4.42	3.10

④ هناك تباين في نشاط فلزات العناصر الانتقالية الكيميائي.

- بعضها **محدود النشاط** مثل : فلز النحاس.
- بعضها **متوسط النشاط** مثل : الحديد الذي يصدأ عند تعرضه للهواء.
- بعضها **شديد النشاط** مثل : السكانديوم الذي يحل محل هيدروجين الماء بسهولة ... علل؟

لأنه عنصر شديد النشاط الكيميائي.



في عناصر السلسلة الانتقالية الأولى هناك علاقة طردية بين كل مما يأتي:

العدد الذري و الكتلة الذرية و الكثافة و شحنة النواة الفعالة و جهد التأين الأول.





من الشكل البياني التالي:

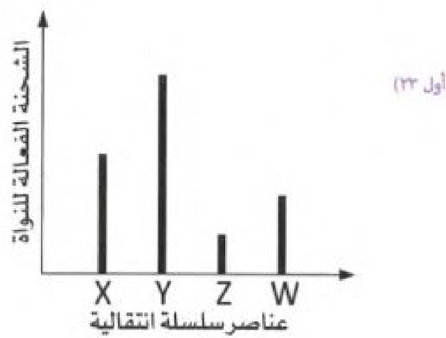
فأي الاختيارات الآتية صحيحة؟ .... (مصر أول ٢٣)

Ⓐ العنصر (Z) أقل كثافة من العنصر (W)

Ⓑ العنصر (Y) أقل كثافة من العنصر (Z)

Ⓒ العنصر (W) أعلى جهد تأين من العنصر (X)

Ⓓ العنصر (X) أعلى جهد تأين من العنصر (Y)





٤ النشاط الحفزي

تعتبر فلزات السلسلة الانتقالية الأولى عوامل حفز مثالية ... علل؟

بسبب استخدام إلكترونات $3d$, $4s$ من العامل الحفاز في تكوين روابط بين الجزيئات المتفاعلة وذرات العامل الحفاز مما يؤدي إلى تركيز هذه المتفاعلات على سطح العامل الحفاز وبالتالي إضعاف الرابطة في الجزيئات المتفاعلة مما يقلل من طاقة التنشيط ويزيد من سرعة التفاعل.

أمثلة على العوامل الحفازة

① النيكل المجزأ: يستخدم في عمليات هدرجة الزيوت.

② الحديد المجزأ: يستخدم في تحضير غاز النشادر بطريقة هابر – بوش. $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \xrightarrow[200\ atm]{500°C / Fe} 2NH_{3(g)}$

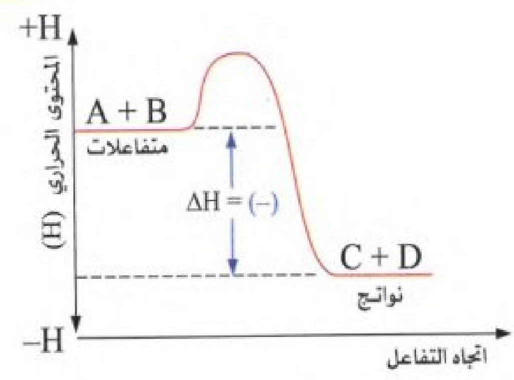
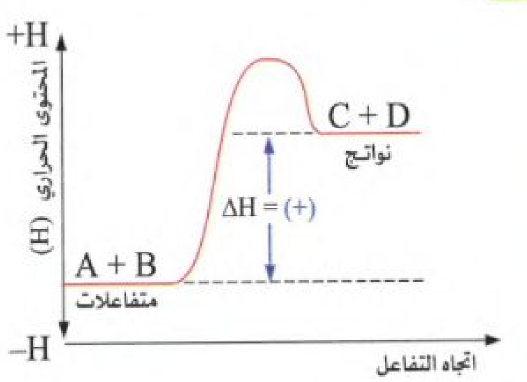
③ خامس أكسيد الفانديوم (V_2O_5): يستخدم كعامل حفاز في تحضير حمض الكبريتيك بطريقة التلامس.

- $S_{(s)} + O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} SO_{2(g)}$
- $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \xrightarrow[450°C]{V_2O_5} 2SO_{3(g)}$
- $SO_{3(g)} + H_2O_{(\ell)} \longrightarrow H_2SO_{4(aq)}$

④ ثاني أكسيد المنجنيز (MnO_2): يستخدم كعامل حفاز في تفاعل انحلال فوق أكسيد الهيدروجين إلى ماء وأكسچين

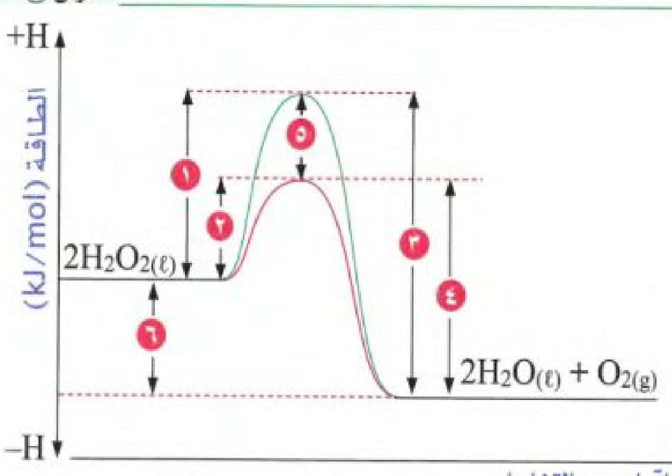
$2H_2O_{2(\ell)} \xrightarrow{MnO_2} 2H_2O_{(\ell)} + O_{2(g)}$

مقارنة: التفاعلات الطاردة والتفاعلات الماصة للحرارة

	التفاعل الطارد للحرارة	التفاعل الماص للحرارة
التعريف	تفاعلات ينتج عنها انطلاق طاقة حرارية. $A + B \longrightarrow C + D + Heat$, $\Delta H = (-)$	تفاعلات ينتج عنها امتصاص طاقة حرارية. $A + B + Heat \longrightarrow C + D$, $\Delta H = (+)$
التغير في المحتوى الحراري ΔH	بإشارة سالبة. المحتوى الحراري للنواتج < المحتوى الحراري للمتفاعلات	بإشارة موجبة. المحتوى الحراري للنواتج > المحتوى الحراري للمتفاعلات
مخطط الطاقة		



أثر العامل الحفاز على طاقة التنشيط



▲ أثر MnO_2 كعامل حفاز في تفاعل انحلال H_2O_2

❶ طاقة تنشيط التفاعل الطردي بدون عامل حفاز.

❷ طاقة تنشيط التفاعل الطردي باستخدام عامل حفاز.

❸ طاقة تنشيط التفاعل العكسي بدون عامل حفاز.

❹ طاقة تنشيط التفاعل العكسي باستخدام عامل حفاز.

❺ الانخفاض في طاقة التنشيط لوجود عامل حفاز.

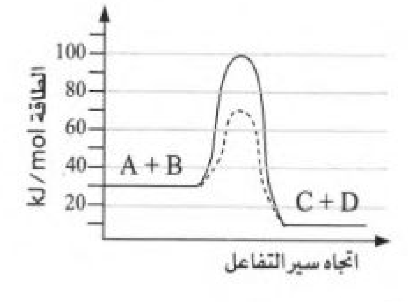
❻ محصلة الطاقة المنطلقة في التفاعل الطردي (ΔH)

$$\Delta H = (H_{\text{نواتج}}) - (H_{\text{متفاعلات}})$$



تدريب ٢

من خلال المخطط التالي ، احسب كل مما يأتي:



❶ طاقة تنشيط التفاعل الطردي بدون عامل حفاز.

❷ طاقة تنشيط التفاعل الطردي باستخدام عامل حفاز.

❸ طاقة تنشيط التفاعل العكسي بدون عامل حفاز.

❹ طاقة تنشيط التفاعل العكسي باستخدام عامل حفاز.

❺ الانخفاض في طاقة التنشيط لوجود عامل حفاز.

❻ محصلة الطاقة المنطلقة في التفاعل الطردي (ΔH)

الإجابة

❶ $100 - 30 = 70$ kJ/mol

❷ $70 - 30 = 40$ kJ/mol

❸ $100 - 10 = 90$ kJ/mol

❹ $70 - 10 = 60$ kJ/mol

❺ $100 - 70 = 30$ kJ/mol

❻ $10 - 30 = -20$ kJ/mol



شغل دماغك ٢١

إذا كانت الطاقة المنطلقة من تفاعل ما هي 120 kJ/mol وطاقة تنشيط التفاعل العكسي في وجود عامل حفاز لهذا التفاعل 200 kJ/mol والعامل الحفاز يقلل طاقة التنشيط بمقدار 50 kJ/mol

ما قيمة طاقة تنشيط التفاعل الطردي بدون استخدام عامل حفاز؟ ....

(أ) -370 kJ/mol

(ب) -130 kJ/mol

(ج) 370 kJ/mol

(د) 130 kJ/mol

❺ الخواص المغناطيسية

كان لدراسة **الخواص المغناطيسية** الفضل الكبير في فهمنا لكيمياء العناصر الانتقالية،
وهناك أنواع مختلفة من الخواص المغناطيسية نستعرض منها نوعين هما البارامغناطيسية والديامغناطيسية
ومعظم مركبات العناصر الانتقالية مواد بارامغناطيسية.

الخاصية البارامغناطيسية

خاصية تظهر في المواد (أيونات أو ذرات أو جزيئات) التي تحتوي على إلكترون مفرد (↑) أو أكثر في أوربيتالاتها

المادة البارامغناطيسية

المادة التي تنجذب نحو المجال المغناطيسي نتيجة لوجود إلكترون مفرد (↑) أو أكثر في أوربيتالاتها.

الخاصية الديامغناطيسية

خاصية تظهر في المواد (أيونات أو ذرات أو جزيئات) التي تكون الإلكترونات في جميع أوربيتالاتها مزدوجة (⇅)

المادة الديامغناطيسية

المادة التي تتنافر مع المجال المغناطيسي نتيجة لوجود جميع إلكتروناتها في حالة إزدواج.

العزم المغناطيسي

البارامغناطيسية: العزم المغناطيسي لها أكبر من صفر ويزداد العزم المغناطيسي بزيادة عدد الإلكترونات المفردة

الديامغناطيسية: العزم المغناطيسي لها يساوى صفر لأن كل إلكتروناتها في حالة إزدواج.

مثال

ذرة الحديد.

$_{26}Fe : [_{18}Ar]\ 4s^2\ ,\ 3d^6$

4s: [⇅] 3d: [⇅][↑][↑][↑][↑]

ذرة الخارصين.

$_{30}Zn : [_{18}Ar]\ 4s^2\ ,\ 3d^{10}$

4s: [⇅] 3d: [⇅][⇅][⇅][⇅][⇅]

العزم المغناطيسي

خاصية يمكن عن طريق قياسها أو تقديرها للمادة تحديد:

❶ عدد الإلكترونات المفردة. ❷ تحديد التركيب الإلكتروني لأيون الفلز. ❸ نوع المادة (بارا أو ديا مغناطيسية)



صنف المواد التالية إلى : (ديامغناطيسية أو بارامغناطيسية).

(١) ذرة الخارصين $_{30}Zn$ (٢) أيون النيكل III $_{28}Ni^{3+}$ (٣) كلوريد الحديد II $_{26}Fe^{2+}$

الإجابة

الخاصية المغناطيسية	عدد الإلكترونات المفردة	التوزيع الإلكتروني للأيون	التوزيع الإلكتروني للذرة	الذرة أو الأيون
ديامغناطيسية	0		$4s^2$ [⇅] $3d^{10}$ [⇅][⇅][⇅][⇅][⇅]	Zn
بارامغناطيسية	3	$4s^0$ [ ] $3d^7$ [⇅][⇅][↑][↑][↑]	$4s^2$ [⇅] $3d^8$ [⇅][⇅][⇅][↑][↑]	Ni^{3+}
بارامغناطيسية	4	$4s^0$ [ ] $3d^6$ [⇅][↑][↑][↑][↑]	$4s^2$ [⇅] $3d^6$ [⇅][↑][↑][↑][↑]	Fe^{2+}



رتب كاتيونات المركبات الآتية تصاعديًا حسب عزمها المغناطيسي:

($FeCl_3$ / TiO_2 / Cr_2O_3) [Fe = 26 , Ti = 22 , Cr = 24]

الإجابة

أولًا: حساب عدد تأكسد كل كاتيون في المركبات السابقة:

Cr_2O_3 ⇨ $2X + (3\times-2) = 0$ ⇨ $2X = +6$ ⇨ $X = +3$

TiO_2 ⇨ $X + (2\times-2) = 0$ ⇨ $X + (-4) = 0$ ⇨ $X = +4$

$FeCl_3$ ⇨ $X + (3\times-1) = 0$ ⇨ $X + (-3) = 0$ ⇨ $X = +3$

ثانيًا: ترتيب الكاتيونات حسب العزم المغناطيسي:

الترتيب التصاعدي	عدد الإلكترونات المفردة	التوزيع الإلكتروني للأيون	التوزيع الإلكتروني للذرة	الكاتيون	صيغة المركب
1	0	$4s^0$ [ ] $3d^0$ [ ][ ][ ][ ][ ]	$4s^2$ [↑↓] $3d^2$ [↑][↑][ ][ ][ ]	Ti^{4+}	TiO_2
2	3	$4s^0$ [ ] $3d^3$ [↑][↑][↑][ ][ ]	$4s^1$ [↑] $3d^5$ [↑][↑][↑][↑][↑]	Cr^{3+}	Cr_2O_3
3	5	$4s^0$ [ ] $3d^5$ [↑][↑][↑][↑][↑]	$4s^2$ [↑↓] $3d^6$ [↑↓][↑][↑][↑][↑]	Fe^{3+}	$FeCl_3$



المادة الكيميائية التي لها أقل عزم مغناطيسي هي .... (مصر ثان ٢١)

Ⓐ Fe_2O_3 Ⓑ CuO

Ⓒ CrO Ⓓ MnO_2

❻ الأيونات الملونة

معظم مركبات العناصر الانتقالية ومحاليلها المائية ملونة.

ويوضح الجدول التالي ألوان بعض الأيونات المتهدرتة لفلزات السلسلة الانتقالية الأولى:

عدد إلكترونات ($3d$) في الأيون	اللون	عدد إلكترونات ($3d$) في الأيون	اللون
($3d^0$) $Sc^{3+}_{(aq)}$	عديم اللون	($3d^5$) $Fe^{3+}_{(aq)}$	أصفر
($3d^1$) $Ti^{3+}_{(aq)}$	بنفسجي محمر	($3d^6$) $Fe^{2+}_{(aq)}$	أخضر
($3d^2$) $V^{3+}_{(aq)}$	أزرق	($3d^7$) $Co^{2+}_{(aq)}$	أحمر
($3d^3$) $Cr^{3+}_{(aq)}$	أخضر	($3d^8$) $Ni^{2+}_{(aq)}$	أخضر
($3d^4$) $Mn^{3+}_{(aq)}$	بنفسجي	($3d^9$) $Cu^{2+}_{(aq)}$	أزرق
($3d^5$) $Mn^{2+}_{(aq)}$	أحمر (وردي)	($3d^{10}$) $Zn^{2+}_{(aq)}$, $Cu^{+}_{(aq)}$	عديم اللون

(الجدول للإطلاع فقط)



العلاقة بين ألوان أيونات العناصر الانتقالية وتركيبها الإلكتروني

بمراجعة الجدول الذي يبين ألوان أيونات العناصر الانتقالية المتهدرتة نجد أن أيونات Sc^{3+} (d^0) ، Cu^{1+} (d^{10}) ، Zn^{2+} (d^{10}) غير ملونة – وكذلك أيونات العناصر غير الانتقالية – فهي تتميز باحتوائها على أوربيتالات d فارغة (d^0) أو ممتلئة تمامًا (d^{10}) من ذلك نستنتج أن اللون في أيونات العناصر الإنتقالية يعزى إلى الامتلاء الجزئي $(1 : 9e^-)$ لأوربيتالات المستوى الفرعي (d) أي لوجود إلكترونات منفردة في أوربيتالات (d)

تفسير ألوان في أيونات المواد

لون المادة ينتج من امتصاص بعض فوتونات منطقة الضوء المرئي والذي تراه العين هو محصلة مخلوط الألوان المتبقية.

- إذا امتصت المادة جميع ألوان الضوء المرئي (الأبيض) تظهر للعين **سوداء**.
- إذا لم تمتص المادة أي لون من ألوان الطيف فإن العين ترى المادة باللون **الأبيض**.
- إذا امتصت المادة لونًا معينًا يظهر لونها باللون المتمم له Complementary colour

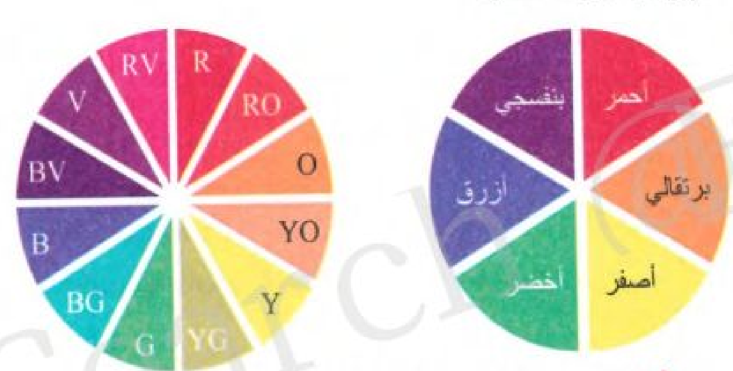
يبين **الشكل التالي** اللون الذي تمتصه المادة واللون المتمم له (المنعكس) وهو الذي تراه به العين.

– مركبات الكروم III تبدو للعين باللون الأخضر ...علل؟

لأنها تمتص اللون الأحمر فتبدو للعين باللون المتمم وهو اللون الأخضر.

ملاحظة على الشكل

تكتب ألوان الطيف عدا اللون النيلي بالترتيب في أي اتجاه فيظهر كل لون أمام المتمم له والعكس.



▲ شكل يوضح الألوان المتتامة بين الألوان الممتصة والألوان المتممة لها

اللون المتمم

محصلة مخلوط الألوان المتبقية (المنعكسة) بعد أن تمتص المادة بعض ألوان الضوء الأبيض الساقط عليها.

معلومة إضافية

- كلٌ من برمنجنات البوتاسيوم $KMnO_4$ وثاني كرومات البوتاسيوم $K_2Cr_2O_7$ وخامس أكسيد الفانديوم V_2O_5 مركبات ملونة رغم أن المستوى الفرعي (3d) بها فارغ وذلك بسبب ظاهرة انتقال الشحنة (الإلكترونات) من أوربيتالات ذرات الأكسجين إلى أوربيتالات (3d) للعنصر الانتقالي.
- محلول كبريتات المنجنيز II يظهر للعين عديم اللون (وردي فاتح) رغم أن المستوى الفرعي (3d) يحتوي على خمس إلكترونات مفردة.



عنصر (X) ينتهي التوزيع الإلكتروني له $3d^7$ ، فإن المركب XCl_3 يكون .... (مصر ثان ٢١)

ⓐ غير ملون وعدد الإلكترونات المفردة صفر.
ⓑ ملون وعدد الإلكترونات المفردة 2
ⓒ ملون وعدد الإلكترونات المفردة 4
ⓓ غير ملون وعدد الإلكترونات المفردة 3

الدرس 4 استخلاص الحديد من خاماته

فلز الحديد

قال تعالى: ﴿ وَأَنزَلْنَا الْحَدِيدَ فِيهِ بَأْسٌ شَدِيدٌ وَمَنَافِعُ لِلنَّاسِ ﴾ [الحديد:٢٥]

يعتبر الحديد عصب الصناعات الثقيلة.

التوزيع الإلكتروني: ${}_{26}Fe : [Ar]\ 4s^2\ ,\ 3d^6$

وجوده في الطبيعة

① يحتل الترتيب الرابع من حيث الانتشار في القشرة الأرضية، بعد عناصر الأكسجين والسيلكون والألومنيوم، حيث يكون 5.1% من وزن القشرة الأرضية.

② تزداد كميته تدريجيًا كلما اقتربنا من باطن الأرض.

③ لا يوجد بشكل حُر إلا في النيازك (90%)

④ يوجد الحديد في القشرة الأرضية على هيئة خامات طبيعية تحتوي على مختلف أكاسيد الحديد مختلطة بشوائب.

العوامل التي يتوقف عليها صلاحية الخام لاستخلاص الحديد منه

① نسبة الحديد في الخام. (يفضل الخام الذي يحتوي نسبة عالية من الحديد)

② تركيب الشوائب المصاحبة له في الخام. (يفضل الخام الذي يحتوي على شوائب يسهل التخلص منها)

③ نوعية العناصر الضارة المختلطة معه في الخام، مثل: الكبريت، والفوسفور، والزرنيخ، وغيرها.
(يفضل الخام الذي لا يحتوي على عناصر سامة للإنسان)

أهم خامات الحديد التي تستخدم في تصنيعه

الخام	الاسم الكيميائي	الصيغة الكيميائية	الخواص	نسبة الحديد	أماكن وجوده في مصر
الهيماتيت	أكسيد الحديد III	Fe_2O_3	– لونه أحمر داكن. – سهل الاختزال.	50 : 60%	– الجزء الغربي لأسوان. – الواحات البحرية.
الليمونيت	أكسيد الحديد III المتهدرت	$2Fe_2O_3.3H_2O$	– أصفر اللون. – سهل الاختزال.	20 : 60%	– الواحات البحرية.
المجنتيت	أكسيد الحديد المغناطيسي	Fe_3O_4	– أسود اللون. – له خواص مغناطيسية.	45 : 70%	– الصحراء الشرقية.
السيدريت	كربونات الحديد II	$FeCO_3$	– لونه رمادي مصفر. – سهل الاختزال.	30 : 42%	ـــــــ



استخلاص الحديد من خاماته

يقصد بهذه العملية الحصول على الحديد من خاماته في صورة يمكن استخدامه عمليًا بعدها.

وتمر بثلاث مراحل رئيسية:



أولاً تجهيز خامات الحديد

❶ تحسين الخواص الفيزيائية والميكانيكية للخامات

أ عمليات التكسير

يقصد بها تحويل الأحجام الكبيرة إلى أحجام صغيرة بهدف الحصول على الحجم المناسب لعمليات الاختزال.

ب عمليات التلبيد

يقصد بها ربط وتجميع الخام الناعم الناتج عن عمليات التكسير والطحن وعن عمليات تنظيف غازات الأفران العالية في صورة أحجام أكبر تكون متماثلة ومتجانسة تناسب عمليات الاختزال.

جـ عمليات التركيز

هي العمليات التي تجرى بهدف زيادة نسبة الحديد وذلك بفصل الشوائب والمواد غير المرغوب فيها عن الخامات والتي تكون متحدة معها كيميائيًا **أو** مختلطة بها وتتم عمليات التركيز **باستخدام خاصية :**

التوتر السطحي **أو** الفصل المغناطيسي **أو** الفصل الكهربي.



من العمليات الفيزيائية التي تمر بها خامات الحديد وتؤدي إلى تقليل كتلة الخام .... (مصر أول ٢١)

أ التحميص.

ب التلبيد.

جـ التكسير.

د التوتر السطحي.

❷ تحسين الخواص الكيميائية للخامات

التحميص

وتتم هذه العملية بتسخين الخام بشدة في الهواء وذلك بغرض:

① تجفيف الخام والتخلص من الرطوبة وزيادة نسبة الحديد في الخام:

– تحميص السيدريت:

$$FeCO_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} FeO_{(s)} + CO_{2(g)}$$

48.2 % حديد

$$2FeO_{(s)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} Fe_2O_{3(s)}$$

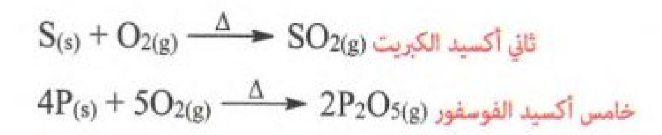
69.9 % حديد

– تحميص الليمونيت:

$$2Fe_2O_3.3H_2O_{(s)} \xrightarrow{\Delta} 2Fe_2O_{3(s)} + 3H_2O_{(v)}$$

60.3 % حديد ، 69.9 % حديد

② أكسدة بعض الشوائب:



– أكسدة الكبريت:

$$S_{(s)} + O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} SO_{2(g)}$$ ثاني أكسيد الكبريت

– أكسدة الفوسفور:

$$4P_{(s)} + 5O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 2P_2O_{5(g)}$$ خامس أكسيد الفوسفور



① **التكسير والتلبيد** عمليات **فيزيائية لا تتغير** فيها كتلة الخام **ولا تتغير** فيها نسبة الحديد في الخام.

② **التركيز** عمليات **فيزيائية تقل** فيها كتلة الخام **وتزداد** فيها نسبة الحديد في الخام.

③ **التحميص** عملية **كيميائية تقل** فيها كتلة الخام **وتزداد** فيها نسبة الحديد في الخام، **وتتأكسد** فيها الشوائب إلى غازات.

شغل دماغك ٢٥

عند تحميص كربونات الحديد II النقية فإن المنحنى الصحيح الذي يعبر عن التغير في كتلته والزمن هو ....

[Fe = 56 , C = 12 , O = 16]



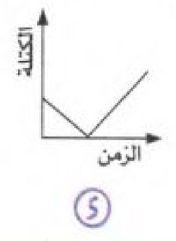
Ⓐ (أ)



(ب)



(ج)



(د)

شغل دماغك ٢٦

كل ما يلي يهدف إلى تحسين الخواص الفيزيائية لخام الحديد قبل الاختزال **ماعدا** .... (تجريبي ٢١)

(أ) أكسدة بعض الشوائب.

(ب) ربط وتجميع الحبيبات.

(ج) زيادة نسبة الحديد بالخام.

(د) التكسير والطحن لصخور الخام.



ثانيًا اختزال خامات الحديد

يتم في هذه المرحلة اختزال أكاسيد الحديد إلى حديد، بإحدى طريقتين تبعًا للعامل المختزل المُستخدم.

❶ الفرن العالي

– العامل المختزل: غاز أول أكسيد الكربون.

– مصدر العامل المختزل: ينتج من فحم الكوك طبقًا للمعادلتين الآتيتين:

- $C_{(s)} + O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} CO_{2(g)}$
- $CO_{2(g)} + C_{(s)} \xrightarrow{\Delta} 2CO_{(g)}$

– تفاعل الاختزال:

$$Fe_2O_{3(s)} + 3CO_{(g)} \xrightarrow{>700°C} 2Fe_{(s)} + 3CO_{2(g)}$$

❷ فرن مدركس

– العامل المختزل: خليط من غازي أول أكسيد الكربون والهيدروچين (الغاز المائي).

– مصدر العامل المختزل: ينتج من الغاز الطبيعي (به ميثان بنسبة 93%)

$$2CH_{4(g)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(v)} \xrightarrow{\Delta} 3CO_{(g)} + 5H_{2(g)}$$

– تفاعلات الاختزال:

① $Fe_2O_{3(s)} + 3CO_{(g)} \xrightarrow{>700°C} 2Fe_{(s)} + 3CO_{2(g)}$

② $Fe_2O_{3(s)} + 3H_{2(g)} \xrightarrow{>700°C} 2Fe_{(s)} + 3H_2O_{(v)}$

بالجمع

$$2Fe_2O_{3(s)} + 3CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \xrightarrow{>700°C} 4Fe_{(s)} + 3CO_{2(g)} + 3H_2O_{(v)}$$

مقارنة بين الفرن العالي وفرن مدركس

وجه المقارنة	الفرن العالي	فرن مدركس
العامل المختزل	غاز أول أكسيد الكربون $CO_{(g)}$	الغاز المائي $(CO_{(g)} + H_{2(g)})$
مصدر العامل المختزل	ينتج من فحم الكوك طبقًا للمعادلتين الآتيتين: $C_{(s)} + O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} CO_{2(g)}$ $CO_{2(g)} + C_{(s)} \xrightarrow{\Delta} 2CO_{(g)}$	ينتج من الغاز الطبيعي (به ميثان بنسبة 93%) $2CH_{4(g)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(v)} \xrightarrow{\Delta} 3CO_{(g)} + 5H_{2(g)}$
تفاعل الاختزال	$Fe_2O_{3(s)} + 3CO_{(g)} \xrightarrow{>700°C} 2Fe_{(s)} + 3CO_{2(g)}$	$2Fe_2O_{3(s)} + 3CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \xrightarrow{>700°C} 4Fe_{(s)} + 3CO_{2(g)} + 3H_2O_{(v)}$



كل مما يلي يمكن إجراؤه لخام الحديد قبل اختزاله **ماعدا** .... (مصر ثان ٢١)

ⓐ تحويل الأحجام التي لا تناسب الاختزال إلى أحجام مناسبة.

ⓑ التفاعل مع غاز CO في درجة حرارة عالية.

ⓒ استخدام الفصل المغناطيسي لتقليل الشوائب.

ⓓ التخلص من الرطوبة وتسخينه بشدة في الهواء.

ثالثًا إنتاج الحديد

بعد عملية اختزال خامات الحديد في الفرن العالي أو فرن مدركس تأتي المرحلة الثالثة وهي انتاج الأنواع المختلفة من الحديد مثل: الحديد الزهر **أو** الحديد الصلب.

الحديد الصلب Steel

تعتمد صناعة الصلب على عمليتين هما (الأساس العلمي لإنتاج الصلب) :

① التخلص من الشوائب الموجودة في الحديد الناتج من أفران الاختزال.

② إضافة بعض العناصر إلى الحديد لتكسب الصلب الناتج الخواص المطلوبة للأغراض الصناعية.

تتم صناعة الصلب باستخدام واحد من ثلاثة أنواع معروفة من الأفران هي :

① المحولات الأكسچينية.

② الفرن المفتوح.

③ الفرن الكهربائي.

السبائك

«هي ما يتكون من فلزين **أو** أكثر **أو** فلز وعناصر لافلزية مثل الكربون وتتكون بالصهر أو الترسيب الكهربي».

التكوين

① فلزين أو أكثر: **مثل:** سبائك الحديد والكروم، الحديد والمنجنيز، الحديد والڤانديوم، الحديد والنيكل.

② فلز مع لافلـز: **مثل:** الحديد والكربون.

التحضير



	طريقة الصهر	طريقة الترسيب الكهربي
طريقة التحضير	عن طريق صهر الفلزات مع بعضها وترك المنصهر ليبرد تدريجيًا	عن طريق الترسيب الكهربي لفلزين أو أكثر في نفس الوقت
أمثلة	**سبائك:** – الحديد والكروم. – الحديد والمنجنيز. – الحديد والڤانديوم. – الحديد والنيكل	النحاس الأصفر (نحاس وخارصين) الذي يتم ترسيبه كهربيًا على المقابض الحديدية باستخدام محلول يحتوي على أيونات النحاس والخارصين

أنواع السبائك

① السبائك البينية

② السبائك الاستبدالية

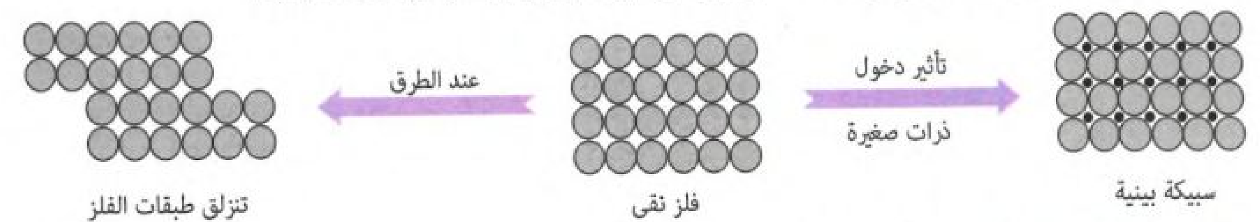
③ سبائك المركبات البينفلزية



أولًا السبائك البينية

- يتكون أي فلز – كالحديد – من شبكة بللورية من ذرات الفلز مرصوصة رصًا محكمًا بينها مسافات بينية.
- عند الطرق يمكن أن تتحرك طبقة من ذرات الفلز فوق طبقة أخرى.
- لكن إذا أدخل فلز آخر حجم ذراته أقل من حجم ذرات الفلز النقي في المسافات البينية للشبكة البللورية للفلز الأصلي.
- فإن ذلك يعوق إنزلاق الطبقات وهو ما يزيد من صلابة الفلز بالإضافة إلى تأثر بعض خواصه الفيزيائية الأخرى.

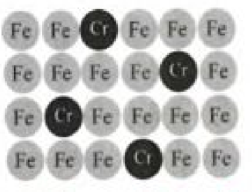
مثل : قابلية الطرق والسحب **و** درجات الانصهار **و** التوصيل الكهربي **و** الخواص المغناطيسية.



مثال: سبيكة الحديد والكربون (الحديد الصلب).

ثانيًا السبائك الاستبدالية

تستبدل بعض ذرات الفلز الأصلي في الشبكة البللورية بذرات فلز آخر **له نفس:**
(القطر – الشكل البللوري – الخواص الكيميائية).



▲ سبيكة stainless steel

أمثلة:

① سبيكة الحديد والكروم في الصلب الذي لا يصدأ (ستانليس ستيل).
② سبيكة الحديد والنيكل.
③ سبيكة الذهب والنحاس.

ثالثًا سبائك المركبات البينفلزية

تتحد العناصر المكونة للسبيكة اتحادًا كيميائيًا فتتكون مركبات كيميائية.

مميزاتها

① مركبات صلبة تتكون من عناصر لا تقع في مجموعة واحدة بالجدول الدوري.
② لا تخضع صيغتها الكيميائية لقوانين التكافؤ المعروفة.

أمثلة:

① سبيكة (الألومنيوم – النيكل) **و**سبيكة (الألومنيوم – نحاس) المعروفتان باسم الديورألومين.
② سبيكة (الرصاص – الذهب) Au_2Pb
③ سبيكة السيمنتيت (كربيد الحديد) Fe_3C



عنصر (X) ممثل يقع في الدورة الثانية، المستوى الخارجي له يحتوي على 4 إلكترونات،
وعنصر (Y) انتقالي رئيسي يقع في السلسلة الانتقالية الأولى تحتوي ذرته على أربع إلكترونات مفردة،
عند خلط العنصرين تتكون سبيكة .... (مصر ثان ٢١)

Ⓐ بينفلزية. Ⓑ بينية. Ⓒ استبدالية وبينية. Ⓓ بينفلزية واستبداليه.



في الجدول التالي يوضح أنصاف أقطار أربع عناصر انتقالية في السلسلة الانتقالية الأولى A ، B ، C ، D

العنصر	A	B	C	D
نصف القطر (Å)	1.15	1.16	1.62	1.17

كل مما يلي يمكن أن يكُون سبيكة استبدالية **ماعدا** .... (تجريبي ٢١)

Ⓐ A , C Ⓑ A , B Ⓒ D , A Ⓓ B , D



في الشكل التالي ثلاثة عناصر كيميائية مختلفة (X) ، (Y) ، (Z)




X Y Z

تستخدم هذه العناصر في صناعة ثلاثة أنواع من السبائك المختلفة وهي:

السبيكة ① تنتج من خلط مصهور (X) مع مصهور (Y)

السبيكة ② تنتج من خلط مصهور (Y) مع مصهور (Z)

السبيكة ③ تنتج من تفاعل (Y) مع (Z)

فإن أنواع السبائك الثلاثة هي .... (تجريبي ٢١)

Ⓐ السبيكة ① بينية / السبيكة ② بينفلزية / السبيكة ③ استبدالية.

Ⓑ السبيكة ① استبدالية / السبيكة ② بينفلزية / السبيكة ③ بينية.

Ⓒ السبيكة ① بينفلزية / السبيكة ② استبدالية / السبيكة ③ بينية.

Ⓓ السبيكة ① استبدالية / السبيكة ② بينية / السبيكة ③ بينفلزية.



سبيكة تتكون من عنصرين (X) ، (Y) يقعان في نفس الدورة،
الفلز (X) من فلزات العملة، والفلز (Y) عنصر ممثل يقع في المجموعة 4A
فإن نوع السبيكة هو .... (تجريبي ٢٣)

Ⓐ استبدالية فقط. Ⓑ بينية – استبدالية. Ⓒ بينفلزية فقط. Ⓓ بينية – بينفلزية.

خواص الحديد

الخواص الفيزيائية

(١) الحديد النقي ليس له أي أهمية صناعية؛ لأنه لين نسبيًا وليس شديد الصلابة.

(٢) قابل للطرق والسحب ويسهل تشكيله.

(٣) له خواص مغناطيسية.

(٤) ينصهر عند 1538°C

(٥) كثافته $7.87 g/cm^3$



(١) تعتمد الخواص الفيزيائية للحديد على نقائه وطبيعة الشوائب به.

(٢) يمكن إنتاج عدد هائل من أنواع الصلب وسبائك الحديد لها صفات عديدة تجعلها صالحة لاستخدامات عديدة.

يفضل استخدام الحديد في صورة سبائك ولا يستخدم في صورة نقية ... علل؟

لأن الحديد النقي لين وليس شديد الصلابة كما أن إضافة عناصر أخرى للحديد في السبيكة تكسبه خواص جديدة تجعله صالح لاستخدامات كثيرة وعديدة.

الخواص الكيميائية

- بخلاف العناصر التي قبله في السلسلة الانتقالية الأولى لا يعطي الحديد حالة تأكسد تدل على خروج جميع إلكترونات المستويين الفرعيين $(4s , 3d)$ وهي ثماني إلكترونات.
- جميع حالات التأكسد الأعلى من (+3) ليست ذات أهمية.
- له حالة تأكسد (+2) تقابل خروج إلكتروني المستوى الفرعي $(4s)$

وحالة التأكسد (+3) تقابل $(3d^5)$ نصف ممتلئ (حالة الثبات).

١ تأثير الهواء

يتفاعل الحديد الساخن لدرجة الاحمرار مع الهواء أو الأكسجين ليعطي أكسيد حديد مغناطيسي.

$$3Fe_{(s)} + 2O_{2(g)} \xrightarrow{500°C} Fe_3O_{4(s)}$$

٢ فعل بخار الماء

يتفاعل الحديد الساخن لدرجة الاحمرار (500°C) مع بخار الماء ليعطي أكسيد حديد مغناطيسي وهيدروجين.

$$3Fe_{(s)} + 4H_2O_{(v)} \xrightarrow{500°C} Fe_3O_{4(s)} + 4H_{2(g)}$$

③ مع اللافلزات

- يتحد مع الكبريت ليعطي كبريتيد الحديد II

$$Fe_{(s)} + S_{(s)} \xrightarrow{\Delta} FeS_{(s)}$$

- يتفاعل مع الكلور ليعطي كلوريد الحديد III

$$2Fe_{(s)} + 3Cl_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 2FeCl_{3(s)}$$

عند اتحاد الحديد مع الكلور يتكون كلوريد الحديد III ولا يتكون كلوريد الحديد II ... علل؟

لأن الكلور عامل مؤكسد قوي يحول كلوريد الحديد II إلى كلوريد الحديد III

④ مع الأحماض

أولًا : مع الأحماض المخففة :

يذوب الحديد في الأحماض المعدنية المخففة ليعطي أملاح الحديد II وهيدروچين ولا يتكون أملاح الحديد III ... علل؟

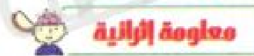
لأن الهيدروچين الناتج عامل مختزل يختزل أملاح الحديد III إلى أملاح الحديد II

- $Fe_{(s)} + H_2SO_{4(aq)} \xrightarrow{dil.} FeSO_{4(aq)} + H_{2(g)}$
- $Fe_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \xrightarrow{dil.} FeCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$

ثانيًا : مع الأحماض المركزة :

- يتفاعل الحديد مع حمض الكبريتيك المركز ليعطي كبريتات الحديد II وكبريتات الحديد III وثاني أكسيد الكبريت وماء.

$$3Fe_{(s)} + 8H_2SO_{4(\ell)} \xrightarrow{conc./\Delta} FeSO_{4(aq)} + Fe_2(SO_4)_{3(aq)} + 4SO_{2(g)} + 8H_2O_{(v)}$$



حمض الكبريتيك عامل مؤكسد يؤكسد الحديد ثم يتفاعل ناتج أكسدة الحديد مع المتبقي من حمض الكبريتيك المركز تبعًا للتفاعلات التالية :

$$4H_2SO_{4(\ell)} \xrightarrow{conc./\Delta} 4H_2O_{(v)} + 4SO_{2(g)} + 2O_2$$

$$3Fe_{(s)} + 2O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} Fe_3O_{4(s)}$$

$$Fe_3O_{4(s)} + 4H_2SO_{4(\ell)} \xrightarrow{conc./\Delta} FeSO_{4(aq)} + Fe_2(SO_4)_{3(aq)} + 4H_2O_{(v)}$$

$$3Fe_{(s)} + 8H_2SO_{4(\ell)} \xrightarrow{conc./\Delta} FeSO_{4(aq)} + Fe_2(SO_4)_{3(aq)} + 4SO_{2(g)} + 8H_2O_{(v)}$$

- حمض النيتريك المركز يسبب **خمولًا ظاهريًا** للحديد ... علل؟

لتكون طبقة غير مسامية رقيقة من الأكسيد على سطح الفلز تحميه من استمرار التفاعل.

ملحوظة: يمكن إزالة هذه الطبقة الرقيقة بالحك، **أو** باستخدام حمض الهيدروكلوريك المخفف.



يمكن استخدام برادة الحديد في التمييز بين كل من .... (تجريبي ٢١)

ⓐ حمض الكبريتيك المركز وحمض النيتريك المركز.

ⓑ حمض الهيدروكلوريك المخفف وحمض الكبريتيك المخفف.

ⓒ كبريتات الحديد II وكبريتات الحديد III

ⓓ أكسيد الحديد III وكبريتات الحديد III



أكاسيد الحديد

أولًا أكسيد الحديد II (FeO)

التحضير

(١) بتسخين أكسالات الحديد II بمعزل عن الهواء.

$$\begin{matrix} COO \\ | \\ COO \end{matrix} \rangle Fe_{(s)} \xrightarrow{\text{no air}/\Delta} FeO_{(s)} + CO_{(g)} + CO_{2(g)}$$

(٢) باختزال الأكاسيد الأعلى مثل أكسيد الحديد III ، و أكسيد الحديد المغناطيسي بالهيدروجين **أو** أول أكسيد الكربون.

- $Fe_2O_{3(s)} + H_{2(g)} \xrightarrow{400:700°C} 2FeO_{(s)} + H_2O_{(v)}$
- $Fe_2O_{3(s)} + CO_{(g)} \xrightarrow{400:700°C} 2FeO_{(s)} + CO_{2(g)}$
- $Fe_3O_{4(s)} + H_{2(g)} \xrightarrow{400:700°C} 3FeO_{(s)} + H_2O_{(v)}$
- $Fe_3O_{4(s)} + CO_{(g)} \xrightarrow{400:700°C} 3FeO_{(s)} + CO_{2(g)}$

الخواص

(١) مسحوق أسود لا يذوب في الماء.

(٢) يتأكسد بسهولة في الهواء الساخن ويتحول إلى أكسيد الحديد III

$$4FeO_{(s)} + O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 2Fe_2O_{3(s)}$$

(٣) يتفاعل مع الأحماض المعدنية المخففة منتجًا أملاح الحديد II والماء.

- $FeO_{(s)} + H_2SO_{4(aq)} \xrightarrow{dil.} FeSO_{4(aq)} + H_2O_{(\ell)}$
- $FeO_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \xrightarrow{dil.} FeCl_{2(aq)} + H_2O_{(\ell)}$



عند تفاعل الحديد مع حمض الكبريتيك المخفف ينتج أحد مركبات الحديد،

والذي يمكن الحصول عليه أيضًا من ....

(أ) تسخين هيدروكسيد الحديد III

(ب) تسخين كبريتات الحديد II

(ج) تفاعل أكسيد الحديد III مع حمض الكبريتيك المركز.

(د) تفاعل أكسيد الحديد II مع حمض الكبريتيك المخفف.

ثانيًا أكسيد الحديد III (Fe_2O_3)

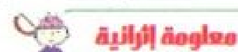
وجوده

يوجد في الطبيعة في خام الهيماتيت.

التحضير

(١) تسخين كبريتات الحديد II حيث ينتج أكسيد الحديد III وخليط من ثاني وثالث أكسيد الكبريت.

$$2FeSO_{4(aq)} \xrightarrow{\Delta} Fe_2O_{3(s)} + SO_{2(g)} + SO_{3(g)}$$



يحدث لكبريتات الحديد II انحلال ثم أكسدة واختزال لنواتج الانحلال.

$$2FeSO_{4(s)} \xrightarrow{\Delta} 2FeO_{(s)} + 2SO_{3(g)}$$

$$2FeO_{(s)} + 2SO_{3(g)} \xrightarrow{oxid./red.} Fe_2O_{3(s)} + SO_{2(g)} + SO_{3(g)}$$

$$2FeSO_{4(s)} \xrightarrow{\Delta} Fe_2O_{3(s)} + SO_{2(g)} + SO_{3(g)}$$

(٢) بتحضير هيدروكسيد الحديد III بإضافة محلول قلوي إلى أحد محاليل أملاح الحديد III
حيث يترسب هيدروكسيد الحديد III (راسب بني محمر)،

$$FeCl_{3(aq)} + 3NH_4OH_{(aq)} \longrightarrow 3NH_4Cl_{(aq)} + Fe(OH)_{3(s)}$$

ثم بتسخين هيدروكسيد الحديد III عند درجة أعلى من (200°C) يتحول إلى أكسيد الحديد III وماء.

$$2Fe(OH)_{3(s)} \xrightarrow{>200°C} Fe_2O_{3(s)} + 3H_2O_{(v)}$$



الهيماتيت يستخدم في استخلاص الحديد، أما أكسيد الحديد III النقي يستخدم كلون أحمر في الدهانات.

الخواص

(١) لا يذوب في الماء.

(٢) يستخدم كلون أحمر في الدهانات.

(٣) يتفاعل مع الأحماض المركزة الساخنة ليتكون أملاح الحديد III والماء.

- $Fe_2O_{3(s)} + 3H_2SO_{4(\ell)} \xrightarrow{conc./\Delta} Fe_2(SO_4)_{3(aq)} + 3H_2O_{(v)}$
- $Fe_2O_{3(s)} + 6HCl_{(aq)} \xrightarrow{conc./\Delta} 2FeCl_{3(aq)} + 3H_2O_{(v)}$



عند امرار حمض الهيدروكلوريك المركز على ناتج تسخين كبريتات الحديد II يتكون ....

(أ) كلوريد الحديد III وماء.

(ب) كلوريد الحديد III وهيدروچين.

(ج) كلوريد الحديد II وماء.

(د) كلوريد الحديد II وهيدروچين.



ثالثًا أكسيد الحديد الأسود (المغناطيسي) (Fe_3O_4)

وجوده

يوجد في الطبيعة ويعرف بالمجنتيت وهو أكسيد مختلط من أكسيدي الحديد II والحديد III

التحضير

① من الحديد المسخن لدرجة الاحمرار بفعل الهواء أو بخار الماء.

② باختزال أكسيد الحديد III بواسطة الهيدروچين أو أول أكسيد الكربون عند درجة حرارة 230:300°C

- $3Fe_2O_{3(s)} + CO_{(g)} \xrightarrow{230:300°C} 2Fe_3O_{4(s)} + CO_{2(g)}$
- $3Fe_2O_{3(s)} + H_{2(g)} \xrightarrow{230:300°C} 2Fe_3O_{4(s)} + H_2O_{(v)}$

الخواص

① مغناطيس قوي.

② يتفاعل مع الأحماض المركزة الساخنة ليعطي أملاح الحديد II ، وأملاح الحديد III ، وماء ... علل؟

لأنه أكسيد مركب (مختلط) من أكسيدي الحديد II والحديد III

- $Fe_3O_{4(s)} + 4H_2SO_{4(\ell)} \xrightarrow{conc./\Delta} FeSO_{4(aq)} + Fe_2(SO_4)_{3(aq)} + 4H_2O_{(v)}$
- $Fe_3O_{4(s)} + 8HCl_{(aq)} \xrightarrow{conc./\Delta} FeCl_{2(aq)} + 2FeCl_{3(aq)} + 4H_2O_{(v)}$

③ يتأكسد إلى أكسيد الحديد III عند تسخينه في الهواء.

$$2Fe_3O_{4(s)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 3Fe_2O_{3(s)}$$



ناتج اختزال أكاسيد الحديد لا يتوقف على نوع الأكسيد **أو** على العامل المختزل لكن يتوقف على درجة الحرارة.



للحصول على أكسيد الحديد مغناطيسي من كلوريد الحديد III ،

فإن العمليات التي يجب إجراؤها على الترتيب هي .... (مصر أول ٢١)

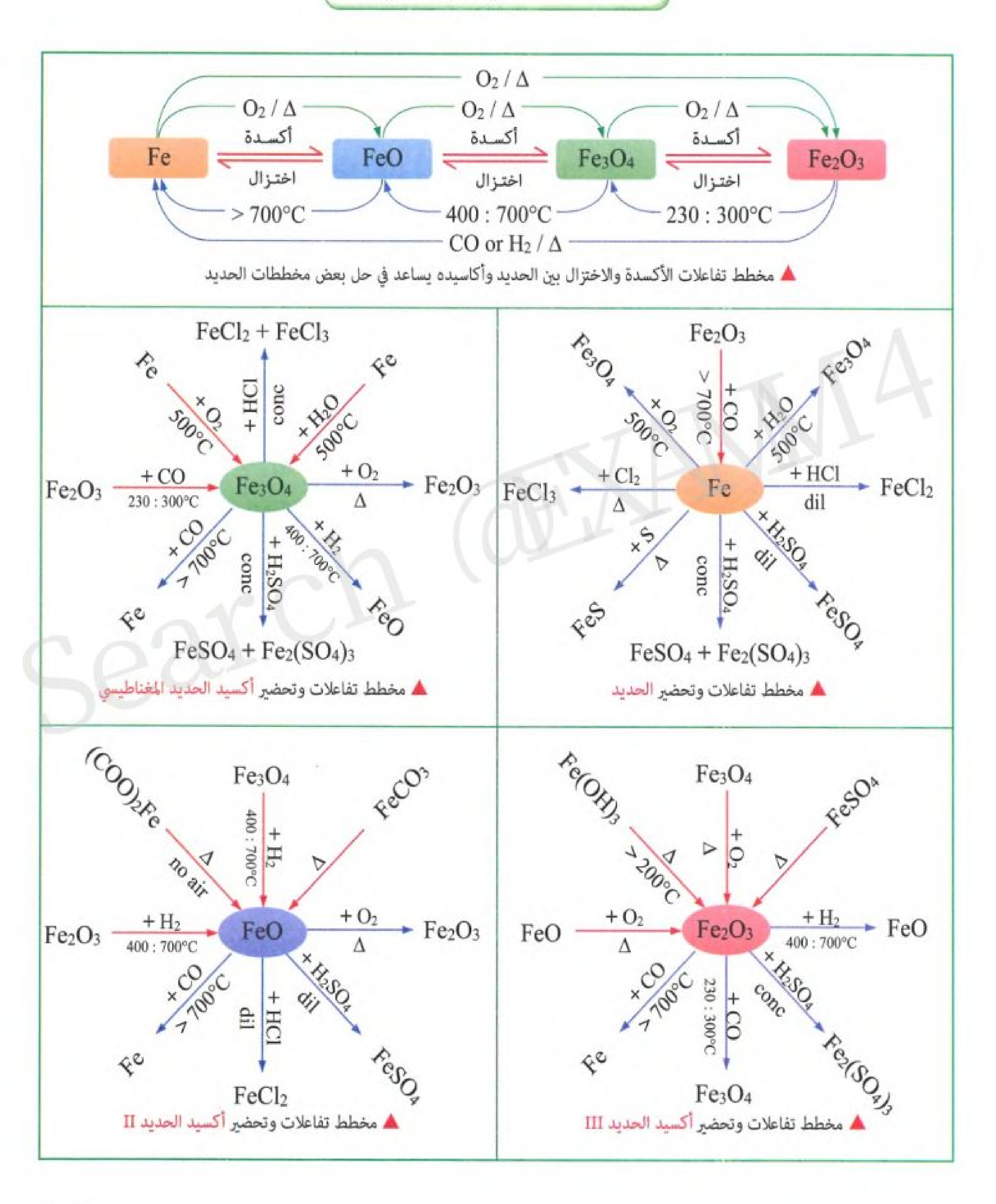
Ⓐ التفاعل مع حمض الهيدروكلوريك – الأكسدة – الاختزال.

Ⓑ التفاعل مع قلوي – التفكك الحراري – الاختزال.

Ⓒ الأكسدة – الاختزال – التفكك الحراري.

Ⓓ التفكك الحراري – الأكسدة – التفاعل مع محلول قلوي.

مخططات الحديد وأكاسيده



30

أولاً الأسئلة الموضوعية (الاختيار من متعدد) "كل سؤال درجة واحدة"

١ عنصران X ، Y من عناصر السلسلة الانتقالية الأولى، لكل منهما مركب يستخدم كمبيد للفطريا فإن العنصرين يقعان في المجموعتين .... (مصر أول ٢٢)

(أ) 1B , 7B (ب) 1B , 2B (جـ) 3B , 2B (د) 2B , 7B

٢ أي العمليات التالية أكثر صعوبة في حدوثها؟ .... (مصر ثان ٢١)

(أ) $Zn^{2+} \longrightarrow Zn^{3+}$
(ب) $Ti^{2+} \longrightarrow Ti^{3+}$
(جـ) $V^{2+} \longrightarrow V^{3+}$
(د) $Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+}$

٣ أضيفت قطعة من الخارصين إلى حمض الكبريتيك المخفف ثم أُمرَّ الغاز الناتج في أربعة محاليل مختلفة مع توافر الشروط اللازمة، أي العمليات الآتية يمكن حدوثها؟ .... (تجريبي ٢٣)

(أ) $YSO_4 \longrightarrow Y_2(SO_4)_3$
(ب) $WCl \longrightarrow WCl_2$
(جـ) $X_2(SO_4)_3 \longrightarrow XSO_4$
(د) $ZCl_2 \longrightarrow ZCl_3$

٤ الرسم الذي أمامك يوضح التدرج في نصف قطر العناصر الانتقالية في الدورة الرابعة، فإن العنصر الذي يشذ في الكتلة الذرية هو .... (مصر ثان ٢٢)

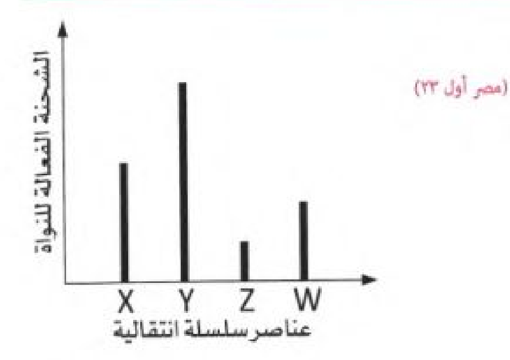
نصف القطر الذري Å
A B C D E F G H I
العدد الذري

(أ) C
(ب) H
(جـ) E
(د) D

٥ أي من هذه المركبات ينجذب للمجال المغناطيسي الخارجي؟ .... (مصر أول ٢٢)

(أ) $ScCl_3$
(ب) Ni_2O_3
(جـ) TiO_2
(د) $ZnCl_2$

٦ من الشكل البياني التالي: (مصر أول ٢٣)



فأي الاختيارات الآتية صحيحة؟ ....

(أ) العنصر (Z) أقل كثافة من العنصر (W)
(ب) العنصر (Y) أقل كثافة من العنصر (Z)
(جـ) العنصر (W) أعلى جهد تأين من العنصر (X)
(د) العنصر (X) أعلى جهد تأين من العنصر (Y)

٧ التركيب الإلكتروني لكاتيونات عناصر (X) ، (Y) ، (Z) في مركباتها كما في الجدول:

المركب	التركيب الإلكتروني للأيون الموجب
X_2O_3	$[_{18}Ar]\ 3d^3$
YO_2	$[_{18}Ar]\ 3d^3$
Z_2O_3	$[_{18}Ar]\ 3d^1$

فإن الترتيب الصحيح لهذه العناصر حسب الشحنة الفعالة لأنويتها يكون .... (مصر ثان ٢٣)

(أ) $X < Y < Z$ (ب) $Y < X < Z$

(ج) $X < Z < Y$ (د) $Z < X < Y$

٨ عنصر انتقالي رئيسي من السلسلة الانتقالية الأولى في حالة تأكسده (+2) يكون له أكبر عزم مغناطيسي، فإن التوزيع الإلكتروني لهذا العنصر في حالة التأكسد (+3) يكون .... (مصر ثان ٢٢)

(أ) $[_{18}Ar]\ 4s^0, 3d^5$ (ب) $[_{18}Ar]\ 4s^2, 3d^5$

(ج) $[_{18}Ar]\ 4s^0, 3d^3$ (د) $[_{18}Ar]\ 4s^0, 3d^4$

٩ العبارات التالية تعبر عن خواص بعض عناصر السلسلة الانتقالية الأولى
أي منها يمثل العنصر الأعلى كثافة؟ .... (تجريبي ٢٣)

(أ) كتلته الذرية أقل من الكتلة الذرية للعنصر الذي يسبقه.

(ب) له أكبر عزم مغناطيسي في الحالة الذرية.

(ج) يصعب اختزال أيونه (+3) إلى أيون (+2)

(د) الأكبر حجم ذري من عناصر السلسلة الانتقالية الأولى.

١٠ قطعة من خام الحديد كتلتها 2 kg مرت بعملية فيزيائية فأصبحت كتلتها 1.8 kg
فأي من هذه العمليات أجريت عليها؟ .... (مصر ثان ٢٣)

(أ) التكسير. (ب) التلبيد. (ج) التركيز. (د) التحميص.

١١ سبيكة تتكون من حديد وكربون فيكون الترتيب الصحيح للأفران المُستخدَمة للحصول على هذه السبيكة من خام الهيماتيت هو .... (مصر ثان ٢٣)

(أ) فرن مدركس ثم المحولات الأكسچينية. (ب) الفرن العالي ثم فرن مدركس.

(ج) الفرن المفتوح ثم المحولات الأكسچينية. (د) الفرن الكهربي ثم الفرن العالي.

١٢ العمليات التي تتم على نواتج تنظيف الأفران العالية للحصول على سبيكة بينية على الترتيب هي .... (مصر أول ٢٣)

(أ) تركيز – أكسدة – اختزال. (ب) تكسير – اختزال – انتاج الصلب.

(ج) تلبيد – اختزال – انتاج الصلب. (د) تكسير – تحميص – اختزال.

١٣ العملية التي تؤدي إلى رفع نسبة الحديد في الخام بتحويل بعض الشوائب إلى غازات هي .... (تجريبي ٢٣)

(أ) التلبيد. (ب) التكسير. (ج) التركيز. (د) التحميص.

⓮ نحصل على سبيكة الفولاذ السليكوني بخلط السليكون والكروم والحديد الصلب، فتعتبر .... (مصر أول ٢٣)

(أ) سبيكة استبدالية فقط.
(ب) سبيكة بينية وسبيكة بينفلزية.
(ج) سبيكة بينفلزية فقط.
(د) سبيكة بينية وسبيكة استبدالية.

⓯ أي العمليات الآتية تحدث لأكسالات الحديد II لإنتاج الحديد على الترتيب ؟ .... (مصر أول ٢٣)

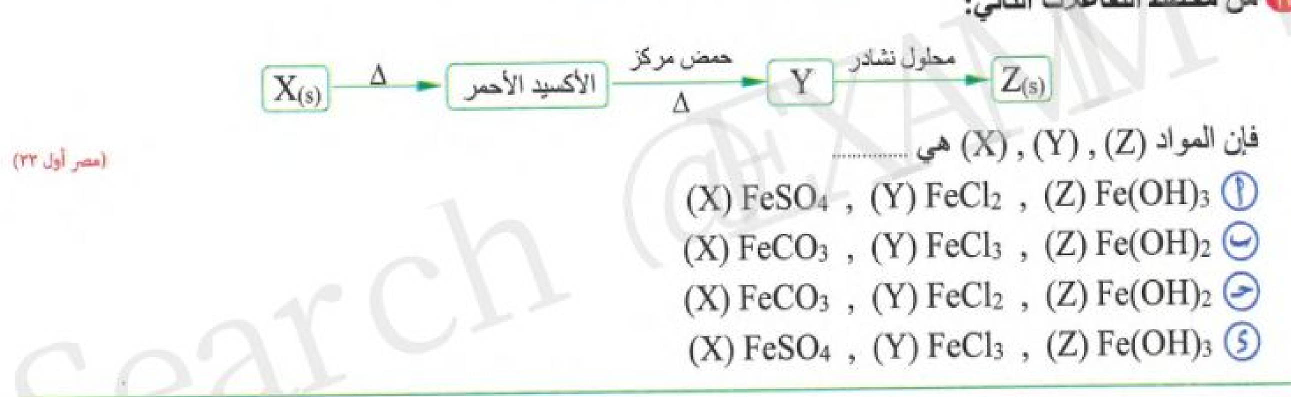
(أ) أكسدة – اختزال – انحلال حراري.
(ب) انحلال حراري – أكسدة – اختزال.
(ج) اختزال – أكسدة – انحلال حراري.
(د) انحلال حراري – اختزال – أكسدة.

⓰ من العمليات الكيميائية التي يجب إجراؤها على خام الليمونيت للحصول على الحديد هي .... (مصر ثان ٢٣)

(أ) تلبيد واختزال.
(ب) تحميص واختزال.
(ج) تلبيد وتحميص.
(د) تحميص وانتاج الحديد الصلب.

ثانيًا الأسئلة الموضوعية (الاختيار من متعدد) "كل سؤال درجتان"

⓱ **من مخطط التفاعلات التالي:**



فإن المواد (X) , (Y) , (Z) هي .... (مصر أول ٢٣)

(أ) (X) $FeSO_4$, (Y) $FeCl_2$, (Z) $Fe(OH)_3$
(ب) (X) $FeCO_3$, (Y) $FeCl_3$, (Z) $Fe(OH)_2$
(ج) (X) $FeCO_3$, (Y) $FeCl_2$, (Z) $Fe(OH)_2$
(د) (X) $FeSO_4$, (Y) $FeCl_3$, (Z) $Fe(OH)_3$

⓲ عند تسخين المركبات ($FeCO_3$ ، Fe_3O_4 ، FeO) كل على حدة بشدة في الهواء الجوي ومقارنة كتلة الناتج الصلب بعد التسخين فإن ....
[Fe = 56 , C = 12 , O = 16] (تجريبي ٢١)

(أ) تقل كتلة $FeCO_3$ وتزداد كتلة Fe_3O_4
(ب) تزداد كتلة $FeCO_3$ وتقل كتلة FeO
(ج) لا تتأثر كتلة Fe_3O_4 وتزداد كتلة FeO
(د) تزداد كتلة $FeCO_3$ ولا تتأثر كتلة Fe_3O_4

⓳ **من المخطط التالي:**

$Fe_{(s)} \xrightarrow[500°C]{(A)} Fe_3O_{4(s)} + (B)$

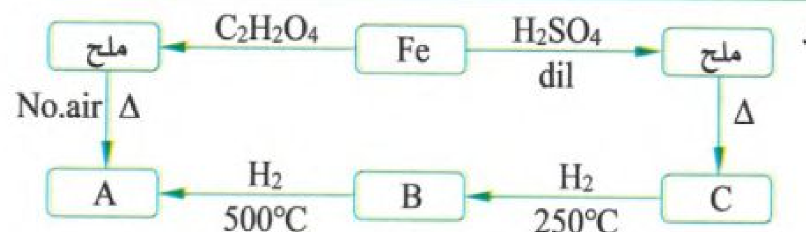
$Fe_3O_{4(s)} \xrightarrow[500°C]{(C)} FeO_{(s)} + (D)$

فإن المواد (A) ، (B) ، (C) ، (D) على الترتيب هي .... (مصر ثان ٢٣)

	(A)	(B)	(C)	(D)
(أ)	$H_2O_{(v)}$	$CO_{2(g)}$	$H_{2(g)}$	$CO_{2(g)}$
(ب)	$O_{2(g)}$	$CO_{(g)}$	$H_{2(g)}$	$H_2O_{(v)}$
(ج)	$H_2O_{(v)}$	$H_{2(g)}$	$CO_{(g)}$	$CO_{2(g)}$
(د)	$O_{2(g)}$	$H_2O_{(v)}$	$CO_{(g)}$	$CO_{2(g)}$



٢٠ المخطط التالي يوضح تفاعلات الحديد وأكاسيده في الظروف المناسبة لها:



أي الاختيارات الآتية تعبر عن (C) ، (B) ، (A) ؟ .... (مصر أول ٢٣)

أ) (A) : Fe_3O_4 ، (B) : FeO ، (C) : Fe_2O_3

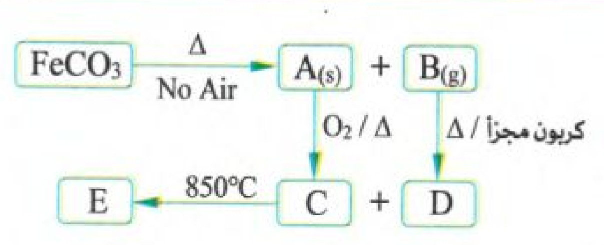
ب) (A) : FeO ، (B) : Fe_3O_4 ، (C) : Fe_2O_3

ج) (A) : FeO ، (B) : Fe_2O_3 ، (C) : Fe_3O_4

د) (A) : Fe_2O_3 ، (B) : Fe_3O_4 ، (C) : FeO

---

٢١ المخطط التالي يوضح بعض التفاعلات في الظروف المناسبة لها، أيٌّ الاختيارات الآتية صحيح بالنسبة للمركبات (A) ، (C) ، (E) ؟ .... (مصر ثان ٢٣)



أ) (E) : FeO ، (C) : Fe ، (A) : Fe_2O_3

ب) (E) : Fe ، (C) : Fe_2O_3 ، (A) : FeO

ج) (E) : Fe ، (C) : FeO ، (A) : Fe_3O_4

د) (E) : Fe_2O_3 ، (C) : Fe_3O_4 ، (A) : FeO

---

٢٢ أي العمليات التالية صحيحة للحصول على أكسيد الحديد الأحمر؟ .... (تجريبي ٢٣)

أ) تسخين الحديد مع الهواء لدرجة الاحمرار لفترة قصيرة.

ب) إضافة حمض الكبريتيك المخفف إلى أكسيد الحديد II ثم تسخين الناتج.

ج) تسخين كربونات الحديد II بمعزل عن الهواء الجوي.

د) إمرار بخار الماء الساخن على الحديد المسخن عند 500°C

ثالثًا الأسئلة المقالية (يتم الإجابة عليها بورقة الإجابة المخصصة لها) "سؤال بدرجتين"

٢٣ (X) ، (Y) عنصران من عناصر السلسلة الانتقالية الأولى:

– أكسيد العنصر (X) عامل حفاز في تحضير الأكسچين.

– العنصر (Y) يكون مع العنصر (X) سبيكة.

استنتج الكاتيون الذي له أكبر عزم مغناطيسي في الأكاسيد التالية X_2O_3 ، Y_2O_3 مع التفسير. (تجريبي ٢٣)

....

....

....

....

انتهت الأسئلة



الباب
الثاني

التحليل الكيميائي

الدرس 1 مجموعة أنيونات حمض الهيدروكلوريك المخفف

الدرس 2 مجموعة أنيونات حمض الكبريتيك المركز ومحلول كلوريد الباريوم

الدرس 3 الكشف عن الكاتيونات

الدرس 4 التحليل الكمي الحجمي

الدرس 5 التحليل الكمي الكتلي

مخرجات تعلم الباب الثاني

بعد دراسة هذا الباب يجب أن يكون الطالب قادرًا على أن:

① يتعرف مفهوم التحليل الكيميائي وأنواعه.

② يكشف عن بعض الشقوق الحامضية.

③ يكشف عن بعض الشقوق القاعدية.

④ يستخدم العلاقة بين المول وكمية المادة (عدد وحدات المادة) في التحليل الكمي.

⑤ يستخدم العلاقة بين المول وكمية المادة (كتلة المادة) في التحليل الكمي.

⑥ يستخدم العلاقة بين المول وكمية المادة (حجم الغاز) في التحليل الكمي.

⑦ يستخدم العلاقة بين المول وكمية المادة (التركيز) في التحليل الكمي.

⑧ يتعرف أنواع التحليل الكمي الحجمي.

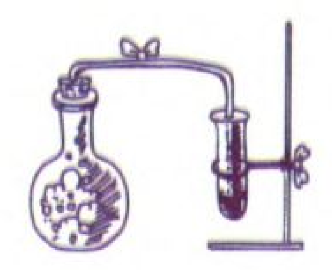
⑨ يتعرف أنواع التحليل الكمي الكتلي.

⑩ يجري عملية معايرة بين حمض وقلوي باستخدام دليل مناسب.

⑪ يتعرف دور الأدلة في عملية المعايرة.

⑫ يحسب كتلة مادة بطريقة التطاير.

⑬ يحسب كتلة مادة بطريقة الترسيب.





الباب الثاني
التحليل الكيميائي

الدرس 1 مجموعة أنيونات حمض الهيدروكلوريك المخفف

التحليل الكيميائي

مقدمة

يعتبر التحليل الكيميائي أحد فروع علم الكيمياء الهامة الذي ساهم بدور كبير في تقدم هذا العلم،

كما لعب دورًا كبيرًا في تطور المجالات العلمية المختلفة مثل الطب ، والزراعة ، والصناعات الغذائية ، والبيئية ... وغيرها.

دور التحليل الكيميائي في تطوير المجالات العلمية المختلفة

١ مجال الطب

(١) تقدير نسب السكر والزلال والبولينا والكوليسترول ... وغيرها
مما يسهل مهمة الطبيب في تشخيص الأمراض والعلاج.

(٢) تقدير كمية المكونات الفعالة في الدواء.

٢ مجال الزراعة

معرفة خواص التربة من حيث الحموضة والقاعدية ونوع ونسب العناصر الموجودة بها،
وبالتالي معالجتها بإضافة الأسمدة المناسبة لتحسين خواصها.

٣ مجال الصناعة

يستخدم في تحديد مدى مطابقة الخامات والمنتجات للمواصفات القياسية.

٤ مجال الخدمة البيئية

(١) معرفة وقياس محتوى المياه والأغذية من الملوثات البيئية الضارة.

(٢) معرفة نسب غازات أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين في الجو.

تدريب

إذا كان لديك عينة من مادة ما، كيف يمكنك الوصول للصيغة الجزيئية لهذه المادة ؟

الإجابة

باستخدام التحليل الكيميائي حيث يتم التعرف على :

(١) نوع العناصر المكونة لها.

(٢) نسبة كل عنصر.

(٣) كيفية ترابط هذه العناصر مع بعضها.

إلى أن نصل إلى الصيغة الجزيئية للمادة، أو لمجموعة المركبات المكونة للمادة إن كانت مخلوطًا.

التحليل الكيميائي

• لابد من إجراء عمليات التحليل الكيفي أولًا قبل التحليل الكمي ... علل؟
للتعرف على مكونات المادة حتى يمكن اختيار أنسب الطرق لتحليلها كميًا.

أولًا التحليل الكيفي (الوصفي أو النوعي)

التحليل الكيفي

– عبارة عن سلسلة من التفاعلات المختارة المناسبة تجرى للكشف عن نوع المكونات الأساسية لمادة على أساس التغيرات الحادثة في هذه التفاعلات.
– عمليات الغرض منها التعرف على مكونات المادة سواء كانت نقية (ملحًا بسيطًا) أو مخلوطًا من عدة مواد.

التحليل الكيفي (الوصفي)

① تحليل المركبات العضوية

تحليل يتم فيه الكشف عن العناصر والمجموعات الوظيفية الموجودة بغرض التعرف على المركب.

② تحليل المركبات غير العضوية

تحليل يتم فيه التعرف على الأيونات التي يتكون منها المركب غير العضوي، ويشمل الكشف عن الكاتيونات (الشق القاعدي) والأنيونات (الشق الحامضي).

تحليل المركبات غير العضوية

الهدف منه

① التعرف على المخلوط

يجرى أولًا فصل المواد النقية كُل على حدة ثم نكشف عنها بالطرق الكيميائية باستخدام الكواشف المناسبة.

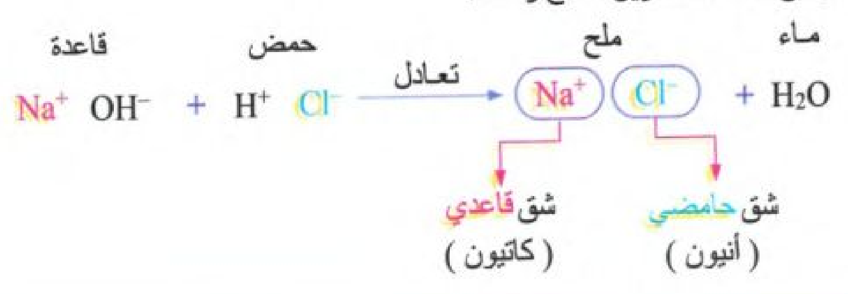
② التعرف على الملح البسيط (مادة نقية)

يمكن التعرف عليها من ثوابتها الفيزيائية،
مثل : درجة الانصهار ودرجة الغليان والكتلة المولية .. إلخ.



تراكم معرفي لفهم تحليل الأملاح

التعادل: تفاعل الحمض مع القاعدة لتكوين الملح والماء.



ذوبانية بعض المركبات الشائعة في الماء

الأنيونات	الكاتيونات	الذوبانية في الماء
① كل الأنيونات	• الصوديوم (Na^+) • البوتاسيوم (K^+) • الأمونيوم (NH_4^+)	تذوب
② • النترات (NO_3^-) • البيكربونات (HCO_3^-)	كل الكاتيونات	تذوب
③ الكربونات (CO_3^{2-})	• الصوديوم (Na^+) • البوتاسيوم (K^+) • الأمونيوم (NH_4^+)	تذوب
	باقي الكاتيونات	شحيحة الذوبان (تذوب في الأحماض)
④ الكلوريد (Cl^-)	كل الكاتيونات	تذوب
	• الفضة (Ag^+) • الزئبق (Hg^+) • الرصاص (Pb^{2+})	شحيحة الذوبان
⑤ الكبريتات (SO_4^{2-})	كل الكاتيونات	تذوب
	• الفضة (Ag^+) • الزئبق (Hg^+) • الرصاص (Pb^{2+}) • الباريوم (Ba^{2+}) • الكالسيوم (Ca^{2+}) • الاسترانشيوم (Sr^{2+})	شحيحة الذوبان
⑥ الأسيتات (CH_3COO^-)	كل الكاتيونات	تذوب
	• الفضة (Ag^+)	شحيحة الذوبان

شغل دماغك ١

عينة من الذهب مختوم عليها عيار 21، يمكن التأكد من ذلك عن طريق التحليل الكيميائي في مجال ....

Ⓐ الطب. Ⓑ الزراعة. Ⓒ الصناعة. Ⓓ الخدمات البيئية.

شغل دماغك ٢

جميع الأملاح التالية تذوب في الماء <u>ماعدا</u> ....

Ⓐ كربونات البوتاسيوم. Ⓑ نترات الفضة. Ⓒ كلوريد الكالسيوم. Ⓓ كربونات الماغنسيوم.

تقسيم بعض الأحماض حسب ثباتها

① الأحماض غير الثابتة

الحمض وصيغته الكيميائية	الأنيون الناتج من الحمض	الملح الصوديومي للحمض
حمض الكربونيك H_2CO_3	كربونات CO_3^{2-} بيكربونات HCO_3^-	كربونات الصوديوم Na_2CO_3 بيكربونات الصوديوم $NaHCO_3$
حمض الكبريتوز H_2SO_3	كبريتيت SO_3^{2-}	كبريتيت الصوديوم Na_2SO_3
حمض الهيدروكبريتيك H_2S	كبريتيد S^{2-}	كبريتيد الصوديوم Na_2S
حمض الثيوكبريتيك $H_2S_2O_3$	ثيوكبريتات $S_2O_3^{2-}$	ثيوكبريتات الصوديوم $Na_2S_2O_3$
حمض النيتروز HNO_2	نيتريت NO_2^-	نيتريت الصوديوم $NaNO_2$

② الأحماض متوسطة الثبات

الحمض وصيغته الكيميائية	الأنيون الناتج من الحمض	الملح الصوديومي للحمض
حمض الهيدروكلوريك HCl	كلوريد Cl^-	كلوريد الصوديوم $NaCl$
حمض الهيدروبروميك HBr	بروميد Br^-	بروميد الصوديوم $NaBr$
حمض الهيدرويوديك HI	يوديد I^-	يوديد الصوديوم NaI
حمض النيتريك HNO_3	نترات NO_3^-	نترات الصوديوم $NaNO_3$

③ الأحماض الثابتة

الحمض وصيغته الكيميائية	الأنيون الناتج من الحمض	الملح الصوديومي للحمض
حمض الكبريتيك H_2SO_4	كبريتات SO_4^{2-}	كبريتات الصوديوم Na_2SO_4
حمض الفوسفوريك H_3PO_4	فوسفات PO_4^{3-}	فوسفات الصوديوم Na_3PO_4



① يمكن لحمض من أحماض المجموعة الثانية أن يطرد حمضًا من المجموعة الأولى من أملاحه.

$$Na_2S_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + H_2S_{(g)}$$

② كما أنه يمكن لحمض من المجموعة الثالثة أن يطرد حمضًا من المجموعة الأولى أو الثانية من أملاحه.

$$2NaCl_{(s)} + H_2SO_{4(\ell)} \xrightarrow{conc./\Delta} Na_2SO_{4(aq)} + 2HCl_{(g)}$$

يوجد فرق واضح بين الحمض القوي والحمض الثابت

الحمض القوي	الحمض الثابت
الحمض تام التأين في الماء وجيد التوصيل الكهربي	الحمض الأعلى في درجة الغليان والأقل تطايرًا ولا يتأثر بالحرارة



الأحماض غير الثابتة

الأحماض سهلة التطاير أو الانحلال مثل:

$$H_2S_{(\ell)} \xrightarrow{\Delta} H_2S_{(g)}$$

$$H_2CO_{3(\ell)} \xrightarrow{\Delta} H_2O_{(\ell)} + CO_{2(g)}$$

$$H_2SO_{3(\ell)} \xrightarrow{\Delta} H_2O_{(\ell)} + SO_{2(g)}$$

$$H_2S_2O_{3(\ell)} \xrightarrow{\Delta} H_2O_{(\ell)} + SO_{2(g)} + S_{(s)}$$

$$3HNO_{2(\ell)} \xrightarrow{\Delta} HNO_{3(aq)} + H_2O_{(\ell)} + 2NO_{(g)}$$



كل الأحماض التالية غير ثابتة وسهلة الانحلال **ماعدا**؟ ....

Ⓐ حمض الكربونيك.
Ⓑ حمض الكبريتوز.
Ⓒ حمض الثيوكبريتيك.
Ⓓ حمض الهيدروكبريتيك.

١ الكشف عن الأنيونات (الشق الحامضى)

نتيجة اختلاف الأحماض في درجات غليانها فإنها تختلف في درجة ثباتها (تطايرها)
فكلما ارتفعت درجة غليان حمض بالنسبة للآخر كلما ارتفعت درجة ثباته ويكون أقل تطايرًا والعكس صحيح.

الأساس العلمي للكشف عن الشق الحامضي لملح

الأحماض الأكثر ثباتًا (الأقل تطايرًا أو انحلالًا) **تطرد** الأحماض الأقل ثباتًا (الأكثر تطايرًا أو انحلالًا) من أملاحها في صورة غازات يمكن التعرف عليها بالكاشف المناسب ويفضل التسخين الهين الذي يساعد على طرد الغازات.

الحمض الأقل ثباتًا + ملح الحمض الأكثر ثباتًا ⟵ ملح حمض أقل ثباتًا + حمض أكثر ثباتًا

❶ مجموعة أنيونات حمض الهيدروكلوريك المخفف (dil HCl)

والجدول التالي يوضح مجموعة أنيونات حمض الهيدروكلوريك المخفف والحمض المشتق منها الأنيون

الأنيـــون	الكربونات CO_3^{2-}	البيكربونات HCO_3^-	الكبريتيت SO_3^{2-}	الكبريتيد S^{2-}	الثيوكبريتات $S_2O_3^{2-}$	النيتريت NO_2^-
الحمض المُشتق منه	الكربونيك H_2CO_3		الكبريتوز H_2SO_3	الهيدروكبريتيك H_2S	الثيوكبريتيك $H_2S_2O_3$	النيتروز HNO_2

الأساس العلمي لهذا الكشف

• حمض الهيدروكلوريك أكثر ثباتًا من الأحماض التي أُشتقت منها هذه الأنيونات، لذلك عند تفاعل حمض الهيدروكلوريك مع أملاح هذه الأنيونات يطرد هذه الأحماض الأقل ثباتًا (سهلة التطاير أو الانحلال) على هيئة غازات يسهل الكشف عنها.

• يفضل التسخين الهين عند استخدام حمض الهيدروكلوريك المخفف في الكشف عن مجموعة أنيوناته ... علل؟
ليساعد على طرد الأحماض الأقل ثباتًا في صورة غازات يمكن الكشف عنها بسهولة.

التجربة الأساسية | الملح الصلب + حمض الهيدروكلوريك المخفف

١ مجموعة الكربونات CO_3^{2-}

التجربة الأساسية	إضافة **حمض الهيدروكلوريك المخفف** إلى **الملح الصلب**.
المشاهدة	يحدث **فوران** ويتصاعد غاز CO_2 يعكر ماء الجير عند إمراره فيه لمدة قصيرة (S.T)
المعادلات	$Na_2CO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} + CO_{2(g)}$ $CO_{2(g)} + Ca(OH)_{2(aq)} \xrightarrow{S.T} CaCO_{3(s)} + H_2O_{(\ell)}$

التجربة التأكيدية	إضافة **محلول كبريتات الماغنسيوم** إلى محلول الملح.
المشاهدة	يتكون راسب أبيض على البارد من كربونات الماغنسيوم يذوب في حمض الهيدروكلوريك.
المعادلات	$Na_2CO_{3(aq)} + MgSO_{4(aq)} \longrightarrow Na_2SO_{4(aq)} + MgCO_{3(s)}$ $MgCO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow MgCl_{2(aq)} + H_2O_{(\ell)} + CO_{2(g)}$

٢ مجموعة البيكربونات HCO_3^-

التجربة الأساسية	إضافة **حمض الهيدروكلوريك المخفف** إلى **الملح الصلب**.
المشاهدة	يحدث **فوران** ويتصاعد غاز CO_2 يعكر ماء الجير عند إمراره فيه لمدة قصيرة.
المعادلات	$NaHCO_{3(s)} + HCl_{(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} + CO_{2(g)}$

التجربة التأكيدية	إضافة **محلول كبريتات الماغنسيوم** إلى محلول الملح.
المشاهدة	يتكون راسب أبيض بعد التسخين من كربونات الماغنسيوم يذوب في حمض الهيدروكلوريك.
المعادلات	$2NaHCO_{3(aq)} + MgSO_{4(aq)} \longrightarrow Na_2SO_{4(aq)} + Mg(HCO_3)_{2(aq)}$ $Mg(HCO_3)_{2(aq)} \xrightarrow{\Delta} MgCO_{3(s)} + H_2O_{(\ell)} + CO_{2(g)}$

- لا يصلح حمض الهيدروكلوريك المخفف في التمييز بين أملاح الكربونات وأملاح البيكربونات ... علل؟

لأن النواتج متماثلة في الحالتين وهي حدوث فوران وتصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون يعكر ماء الجير لفترة قصيرة حيث أنهما ملحان لنفس الحمض (حمض الكربونيك).

- يتعكر ماء الجير عند إمرار ثاني أكسيد الكربون فيه لمدة قصيرة ويزول التعكير عند إمراره لمدة طويلة ... علل؟

لأن عند إمراره لمدة قصيرة تتكون كربونات الكالسيوم التي لا تذوب في الماء

وعند إمراره لمدة طويلة تتكون بيكربونات الكالسيوم التي تذوب في الماء.



يستخدم محلول كربونات الأمونيوم للتمييز بين كل الكاتيونات الآتية **ماعدا** .... (مصر ثان ٢١)

Ⓐ Na^+ , Ca^{2+} Ⓑ K^+ , Mg^{2+}

Ⓒ Ca^{2+} , Mg^{2+} Ⓓ K^+ , Fe^{2+}



 مجموعة الكبريتيت SO_3^{2-}

التجربة الأساسية	إضافة **حمض الهيدروكلوريك المخفف** إلى **الملح الصلب**.
المشاهدة	يتصاعد غاز ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) له رائحة **نفاذة** **ويخضر** لون ورقة مبللة بمحلول ثاني كرومات البوتاسيوم المحمضة بحمض الكبريتيك (**برتقالية**) لتكون كبريتات الكروم III (**خضراء**).
المعادلات	$Na_2SO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} + SO_{2(g)}$ $K_2Cr_2O_{7(aq)} + 3SO_{2(g)} + H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow K_2SO_{4(aq)} + Cr_2(SO_4)_{3(aq)} + H_2O_{(\ell)}$

التجربة التأكيدية	إضافة محلول **نترات الفضة** إلى محلول الملح.
المشاهدة	يتكون **راسب أبيض** من كبريتيت الفضة **يسود** بالتسخين.
المعادلات	$Na_2SO_{3(aq)} + 2AgNO_{3(aq)} \longrightarrow 2NaNO_{3(aq)} + Ag_2SO_{3(s)}$

٤ مجموعة الكبريتيد S^{2-}

التجربة الأساسية	إضافة **حمض الهيدروكلوريك المخفف** إلى **الملح الصلب**.
المشاهدة	يتصاعد غاز كبريتيد الهيدروجين (H_2S) له **رائحة كريهة** و **يسود** لون ورقة مبللة بمحلول أسيتات الرصاص II لتكون كبريتيد الرصاص II **الأسود**.
المعادلات	$Na_2S_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + H_2S_{(g)}$ $(CH_3COO)_2Pb_{(aq)} + H_2S_{(g)} \longrightarrow 2CH_3COOH_{(aq)} + PbS_{(s)}$

التجربة التأكيدية	إضافة محلول **نترات الفضة** إلى محلول الملح.
المشاهدة	يتكون راسب **أسود** من كبريتيد الفضة.
المعادلات	$Na_2S_{(aq)} + 2AgNO_{3(aq)} \longrightarrow 2NaNO_{3(aq)} + Ag_2S_{(s)}$



أضيف حمض الهيدروكلوريك المخفف لملح صلب صيغته الكيميائية (A_2X) فتصاعد غاز يكون مع ورقة مبللة بمحلول (Y_2B) راسب أسود فإن الأنيون (Y) يكون .... (تجريبي ٢١)

Ⓐ CH_3COO^-
Ⓑ S^{2-}
Ⓒ SO_3^{2-}
Ⓓ HCO_3^-

٥ مجموعة الثيوكبريتات $S_2O_3^{2-}$

التجربة الأساسية	إضافة **حمض الهيدروكلوريك المخفف** إلى **الملح الصلب**.
المشاهدة	يتصاعد غاز ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) ويظهر راسب **أصفر** نتيجة لتعلق الكبريت في المحلول.
المعادلات	$Na_2S_2O_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} + SO_{2(g)} + S_{(s)}$

التجربة التأكيدية	إضافة محلول اليود البني إلى محلول الملح.
المشاهدة	يزول لون محلول **اليود البني** لتكون محاليل عديمة اللون.
المعادلات	$2Na_2S_2O_{3(aq)} + I_{2(aq)} \longrightarrow Na_2S_4O_{6(aq)} + 2NaI_{(aq)}$ رباعي ثيونات الصوديوم



٦ مجموعة النيتريت NO_2^-

التجربة الأساسية	إضافة **حمض الهيدروكلوريك المخفف** إلى **الملح الصلب**.
المشاهدة	يتصاعد غاز أكسيد النيتريك (NO) عديم اللون يتحول عند فوهة الأنبوبة إلى اللون **البني المحمر** لتكون ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2)
المعادلات	$NaNO_{2(s)} + HCl_{(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + HNO_{2(aq)}$ $3HNO_{2(aq)} \xrightarrow{\Delta} HNO_{3(aq)} + H_2O_{(\ell)} + 2NO_{(g)}$ $2NO_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2NO_{2(g)}$

التجربة التأكيدية	إضافة محلول **برمنجنات البوتاسيوم** المحمضة بحمض الكبريتيك المركز إلى محلول الملح.
المشاهدة	يزول لون محلول **البرمنجنات البنفسجي** لتكون محاليل عديمة اللون.
المعادلات	$5NaNO_{2(aq)} + 2KMnO_{4(aq)} + 3H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow$ $5NaNO_{3(aq)} + K_2SO_{4(aq)} + 2MnSO_{4(aq)} + 3H_2O_{(\ell)}$

شغل دماغك ٦

إذا علمت أن برمنجنات البوتاسيوم $KMnO_4$ عامل مؤكسد قوي، فإن لون برمنجنات البوتاسيوم المحمضة $KMnO_4$ يختفي عند إضافتها إلى محلولي .... (تجريبي ٢١)

Ⓐ $NaNO_2$ / $FeSO_4$

Ⓑ $NaNO_3$ / $FeSO_4$

Ⓒ KNO_2 / $Fe_2(SO_4)_3$

Ⓓ $NaNO_3$ / $Fe_2(SO_4)_3$

٢ مجموعة أنيونات حمض الكبريتيك المركز (conc H_2SO_4)

والجدول التالي يوضح مجموعة أنيونات حمض الكبريتيك المركز والحمض المشتق منها الأنيون.

الأنيون	الكلوريد Cl^-	البروميد Br^-	اليوديد I^-	النترات NO_3^-
الحمض المُشتق منه	الهيدروكلوريك HCl	الهيدروبروميك HBr	الهيدرويوديك HI	النيتريك HNO_3

الأساس العلمي لهذا الكشف

حمض الكبريتيك المركز أكثر ثباتًا من الأحماض التي اشتقت منها هذه الأنيونات، لذا عند تفاعل حمض الكبريتيك المركز مع أملاح هذه الأنيونات ثم التسخين نشاهد انفصال هذه الأحماض الأقل ثباتًا – سهلة التطاير أو الانحلال – في صورة غازية يمكن الكشف عنها بالكواشف المناسبة.

التجربة الأساسية | **الملح الصلب + حمض الكبريتيك المركز ثم التسخين إذا لزم الأمر**

١ أيون الكلوريد Cl^-

التجربة الأساسية	إضافة **حمض الكبريتيك المركز** إلى **الملح الصلب** مع التسخين.
المشاهدة	يتصاعد غاز كلوريد الهيدروچين (HCl) عديم اللون يكُون سحب بيضاء من كلوريد الأمونيوم عند تقريب ساق زجاجية مبللة بمحلول النشادر إليه.
المعادلات	$2NaCl_{(s)} + H_2SO_{4(\ell)} \xrightarrow{conc./\Delta} Na_2SO_{4(aq)} + 2HCl_{(g)}$ $HCl_{(g)} + NH_{3(g)} \longrightarrow NH_4Cl_{(s)}$
التجربة التأكيدية	إضافة محلول **نترات الفضة** إلى محلول الملح.
المشاهدة	يتكون راسب **أبيض** من كلوريد الفضة يصير **بنفسجيًا** عند تعرضه للضوء، ويذوب في محلول النشادر المركز.
المعادلات	$NaCl_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \longrightarrow NaNO_{3(aq)} + AgCl_{(s)}$

٢ أيون البروميد Br^-

التجربة الأساسية	إضافة **حمض الكبريتيك المركز** إلى **الملح الصلب** مع التسخين.
المشاهدة	يتصاعد غاز بروميد الهيدروچين عديم اللون يتأكسد جزئيًا بفعل حمض الكبريتيك مكونًا أبخرة **برتقالية حمراء** من البروم تسبب **اصفرار** ورقة مبللة بمحلول النشا.
المعادلات	$2NaBr_{(s)} + H_2SO_{4(\ell)} \xrightarrow{conc./\Delta} Na_2SO_{4(aq)} + 2HBr_{(g)}$ $2HBr_{(g)} + H_2SO_{4(\ell)} \xrightarrow{conc.} 2H_2O_{(\ell)} + SO_{2(g)} + Br_{2(v)}$
التجربة التأكيدية	إضافة محلول **نترات الفضة** إلى محلول الملح.
المشاهدة	يتكون راسب **أبيض مصفر** من بروميد الفضة يصير داكنًا عند تعرضه للضوء، ويذوب ببطء في محلول النشادر المركز.
المعادلات	$NaBr_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \longrightarrow NaNO_{3(aq)} + AgBr_{(s)}$

 أيون اليوديد I^-

التجربة الأساسية	إضافة **حمض الكبريتيك المركز** إلى **الملح الصلب** مع التسخين.
المشاهدة	يتصاعد غاز يوديد الهيدروچين عديم اللون يتأكسد جزئيًا بفعل حمض الكبريتيك مكونًا أبخرة اليود **البنفسجية** والتي **تزرق** ورقة مبللة بمحلول النشا.
المعادلات	$2KI_{(s)} + H_2SO_{4(\ell)} \xrightarrow{conc./\Delta} K_2SO_{4(aq)} + 2HI_{(g)}$ $2HI_{(g)} + H_2SO_{4(\ell)} \xrightarrow{conc.} 2H_2O_{(\ell)} + SO_{2(g)} + I_{2(v)}$

التجربة التأكيدية	إضافة محلول **نترات الفضة** إلى محلول الملح.
المشاهدة	يتكون راسب أصفر من يوديد الفضة لا يذوب في محلول النشادر.
المعادلات	$NaI_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \longrightarrow NaNO_{3(aq)} + AgI_{(s)}$

٤ مجموعة النترات NO_3^-

التجربة الأساسية	إضافة **حمض الكبريتيك المركز** إلى **الملح الصلب** مع التسخين.
المشاهدة	تتصاعد أبخرة **بنية حمراء** من غاز ثاني أكسيد النيتروچين (NO_2) لانحلال حمض النيتريك الناتج تزداد كثافتها عند إضافة القليل من خراطة النحاس إلى خليط التفاعل.
المعادلات	$2NaNO_{3(s)} + H_2SO_{4(\ell)} \xrightarrow{conc./\Delta} Na_2SO_{4(aq)} + 2HNO_{3(\ell)}$ $4HNO_{3(\ell)} \xrightarrow{conc./\Delta} 2H_2O_{(\ell)} + 4NO_{2(g)} + O_{2(g)}$ $Cu_{(s)} + 4HNO_{3(\ell)} \xrightarrow{conc./\Delta} Cu(NO_3)_{2(aq)} + 2H_2O_{(\ell)} + 2NO_{2(g)}$

التجربة التأكيدية	**اختبار الحلقة البنية :** إضافة محلول من كبريتات الحديد II – حديث التحضير – إلى محلول الملح، ثم إضافة قطرات من حمض الكبريتيك المركز بحرص على السطح الداخلي لأنبوبة الاختبار.
المشاهدة	تتكون **حلقة بنية** عند السطح الفاصل بين الحمض ومحلول التفاعل تزول بالرج أو التسخين.
المعادلات	$2NaNO_{3(aq)} + 6FeSO_{4(aq)} + 4\ H_2SO_{4(\ell)} \xrightarrow{conc.}$ $3Fe_2(SO_4)_{3(aq)} + Na_2SO_{4(aq)} + 4H_2O_{(\ell)} + 2NO_{(g)}$ $FeSO_{4(aq)} + NO_{(g)} \longrightarrow FeSO_4.NO_{(s)}$



عند إضافة محلول نترات الفضة إلى محلولي الملحين (A) ، (B)

- تكون راسب (X) في حالة محلول الملح (A) يذوب بسرعة في محلول النشادر المركز.
- تكون راسب (Y) في حالة محلول الملح (B) يذوب ببطء في محلول النشادر المركز.

فإن الراسبين (X) ، (Y) على الترتيب هما .... (تجريبي ٢١)

Ⓐ (X) AgCl / (Y) AgBr

Ⓑ (X) AgCl / (Y) AgI

Ⓒ (X) AgBr / (Y) AgI

Ⓓ (X) AgI / (Y) $BaSO_4$



❸ مجموعة أنيونات محلول كلوريد الباريوم $BaCl_{2(aq)}$

والجدول التالي يوضح مجموعة أنيونات محلول كلوريد الباريوم والحمض المشتق منها الأنيون.

الأنيون	الفوسفات PO_4^{3-}	الكبريتات SO_4^{2-}
الحمض المُشتق منه	حمض الفوسفوريك H_3PO_4	حمض الكبريتيك H_2SO_4

الأساس العلمي لهذا الكشف

أنيونات هذه المجموعة لا تتفاعل مع أيًا من حمض HCl المخفف أو حمض H_2SO_4 المركز ولكن هذه الأنيونات تُعطي محاليلها راسب مع محلول كلوريد الباريوم $BaCl_2$

التجربة الأساسية محلول الملح + محلول كلوريد الباريوم

❶ مجموعة الفوسفات PO_4^{3-}

التجربة الأساسية	إضافة محلول **كلوريد الباريوم** إلى محلول الملح.
المشاهدة	يتكون راسب أبيض من فوسفات الباريوم يذوب في حمض الهيدروكلوريك المخفف.
المعادلات	$2Na_3PO_{4(aq)} + 3BaCl_{2(aq)} \longrightarrow 6NaCl_{(aq)} + Ba_3(PO_4)_{2(s)}$

التجربة التأكيدية	إضافة محلول **نترات الفضة** إلى محلول الملح.
المشاهدة	يتكون راسب أصفر من فوسفات الفضة يذوب في كل من محلول النشادر وحمض النيتريك.
المعادلات	$Na_3PO_{4(aq)} + 3AgNO_{3(aq)} \longrightarrow 3NaNO_{3(aq)} + Ag_3PO_{4(s)}$

❷ مجموعة الكبريتات SO_4^{2-}

التجربة الأساسية	إضافة محلول **كلوريد الباريوم** إلى محلول الملح.
المشاهدة	يتكون راسب أبيض من كبريتات الباريوم لا يذوب في حمض الهيدروكلوريك المخفف.
المعادلات	$Na_2SO_{4(aq)} + BaCl_{2(aq)} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + BaSO_{4(s)}$

التجربة التأكيدية	إضافة محلول **أسيتات (خلات) الرصاص II** إلى محلول الملح.
المشاهدة	يتكون راسب أبيض من كبريتات الرصاص II
المعادلات	$Na_2SO_{4(aq)} + (CH_3COO)_2Pb_{(aq)} \longrightarrow 2CH_3COONa_{(aq)} + PbSO_{4(s)}$

شغل دماغك ٨

إذا كان لديك مخلوط من $BaSO_4$ ، $Ba_3(PO_4)_2$ ، فأي مما يلي يعد صحيحًا؟ .... (تجريبي ٢١)

Ⓐ يمكن فصل كل منهما عن الآخر بإضافة HCl المخفف والترشيح.

Ⓑ يمكن فصل كل منهما عن الآخر بإضافة الماء والترشيح.

Ⓒ $BaSO_4$ لا يذوب في الماء ويذوب في HCl المخفف.

Ⓓ $Ba_3(PO_4)_2$ يذوب في الماء ويذوب في HCl المخفف.

الدرس 3 الكشف عن الكاتيونات

٢ الكشف عن الكاتيونات (الشق القاعدي)

يعتبر الكشف عن الشق القاعدي أكثر تعقيداً من الكشف عن الشق الحامضي ... علل؟

وذلك لكثرة عدد الشقوق القاعدية وللتداخل فيما بينها، علاوة على إمكانية وجود الشق الواحد في أكثر من حالة تأكسد **مثل** كاتيونات الحديد II (Fe^{2+}) ، وكاتيونات الحديد III (Fe^{3+})

الأساس العلمي للكشف عن الشق القاعدي لملح

(١) تقسم الشقوق القاعدية إلى ست مجموعات تسمى المجموعات التحليلية.

(٢) لكل مجموعة من الشقوق القاعدية كاشف معين يسمى بكاشف المجموعة.

(٣) يعتمد هذا التقسيم على اختلاف ذوبان أملاح هذه الكاتيونات (الفلزات) في الماء.

وسوف نتناول أمثلة من بعض هذه المجموعات التحليلية الست.

المجموعة التحليلية	بعض كاتيوناتها	الكاشف العام	تُرسب على هيئة
الأولى	• الفضة I (Ag^{+}) • الزئبق I (Hg^{+}) • الرصاص II (Pb^{2+})	حمض الهيدروكلوريك	كلوريدات
الثانية	النحاس II (Cu^{2+})	$H_2S_{(g)} + HCl_{(aq)}$	كبريتيدات
الثالثة	• الألومنيوم (Al^{3+}) • الحديد II (Fe^{2+}) • الحديد III (Fe^{3+})	هيدروكسيد الأمونيوم	هيدروكسيدات
الخامسة	الكالسيوم (Ca^{2+})	كربونات الأمونيوم	كربونات

❶ المجموعة التحليلية الأولى $(Ag^{+} - Hg^{+} - Pb^{2+})$

- كاشف المجموعة : حمض الهيدروكلوريك المخفف.
- يتم ترسيبها على هيئة : كلوريدات الفلز.
- يستخدم حمض الهيدروكلوريك المخفف في الكشف عن كاتيونات المجموعة التحليلية الأولى ... علل؟

لأنه يتفاعل مع هذه الكاتيونات مكوناً كلوريدات الفلز شحيحة الذوبان في الماء (رواسب) ولها ألوان مميزة.



يستخدم حمض HCl المخفف في الكشف عن كل من .... (تجريبي ٢١)

(أ) NO_2^{-} / Hg^{+} (ب) Br^{-} / Hg^{+} (جـ) PO_4^{3-} / Pb^{2+} (د) SO_4^{2-} / Ag^{+}



❷ المجموعة التحليلية الثانية (Cu^{2+})

- كاشف المجموعة : غاز كبريتيد الهيدروچين.
- يتم ترسيبها على هيئة : كبريتيدات في وسط حمضي.

طريقة الكشف

يتم ذلك بإذابة الملح في الماء وإضافة حمض هيدروكلوريك مخفف ثم يمرر فيه غاز كبريتيد الهيدروچين ليصير المحلول حامضياً فتترسب كاتيونات المجموعة التحليلية الثانية على هيئة كبريتيدات.

الكشف عن كاتيون النحاس II

محلول ملح النحاس II + كاشف المجموعة ($HCl + H_2S$) يتكون راسب **أسود** من كبريتيد النحاس II يذوب في حمض النيتريك الساخن.

$$CuSO_{4(aq)} + H_2S_{(g)} \longrightarrow H_2SO_{4(aq)} + CuS_{(s)}$$

- يستخدم غاز كبريتيد الهيدروچين في وسط حمضي للكشف عن كاتيونات المجموعة التحليلية الثانية ... علل؟

لأنه يتفاعل مع هذه الكاتيونات مكوناً كبريتيدات الفلز شحيحة الذوبان في الماء (رواسب) ولها ألوان مميزة.

---

❸ المجموعة التحليلية الثالثة ($Al^{3+} - Fe^{2+} - Fe^{3+}$)

- كاشف المجموعة : محلول هيدروكسيد الأمونيوم.
- يتم ترسيبها على هيئة : هيدروكسيدات.
- يستخدم محلول هيدروكسيد الأمونيوم للكشف عن كاتيونات المجموعة التحليلية الثالثة ... علل؟

لأنه يتفاعل مع هذه الكاتيونات مكوناً هيدروكسيدات الفلز شحيحة الذوبان في الماء (رواسب) ولها ألوان مميزة.

التجربة الأساسية محلول الملح + كاشف المجموعة [محلول هيدروكسيد الأمونيوم NH_4OH]

❶ كاتيون الألومنيوم (Al^{3+})

التجربة الأساسية	إضافة **محلول هيدروكسيد الأمونيوم** إلى **محلول الملح**.
المشاهدة	يتكون **راسب أبيض چيلاتيني** من هيدروكسيد الألومنيوم **يذوب** في الأحماض المخففة وفي محلول الصودا الكاوية.
المعادلات	$Al_2(SO_4)_{3(aq)} + 6NH_4OH_{(aq)} \longrightarrow 3(NH_4)_2SO_{4(aq)} + 2Al(OH)_{3(s)}$

التجربة التأكيدية	إضافة **محلول هيدروكسيد الصوديوم** إلى **محلول الملح**.
المشاهدة	يتكون **راسب أبيض چيلاتيني** من هيدروكسيد الألومنيوم **يذوب في** وفرة من هيدروكسيد الصوديوم لتكون ميتا ألومينات الصوديوم الذائبة في الماء.
المعادلات	$Al_2(SO_4)_{3(aq)} + 6NaOH_{(aq)} \longrightarrow 3Na_2SO_{4(aq)} + 2Al(OH)_{3(s)}$ $Al(OH)_{3(s)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow NaAlO_{2(aq)} + 2H_2O_{(\ell)}$

② كاتيون الحديد II (Fe^{2+})

التجربة الأساسية	إضافة **محلول هيدروكسيد الأمونيوم** إلى **محلول الملح.**
المشاهدة	يتكون راسب أبيض يتحول إلى **أبيض مخضر** من هيدروكسيد الحديد II بالتعرض للهواء ويذوب في الأحماض.
المعادلات	$FeSO_{4(aq)} + 2NH_4OH_{(aq)} \longrightarrow (NH_4)_2SO_{4(aq)} + Fe(OH)_{2(s)}$

التجربة التأكيدية	إضافة **محلول هيدروكسيد الصوديوم** إلى **محلول الملح.**
المشاهدة	يتكون **راسب أبيض مخضر** من هيدروكسيد الحديد II
المعادلات	$FeSO_{4(aq)} + 2NaOH_{(aq)} \longrightarrow Na_2SO_{4(aq)} + Fe(OH)_{2(s)}$

③ كاتيون الحديد III (Fe^{3+})

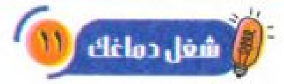
التجربة الأساسية	إضافة **محلول هيدروكسيد الأمونيوم** إلى **محلول الملح.**
المشاهدة	يتكون راسب **بني محمر** چيلاتيني من هيدروكسيد الحديد III يذوب في الأحماض.
المعادلات	$FeCl_{3(aq)} + 3NH_4OH_{(aq)} \longrightarrow 3NH_4Cl_{(aq)} + Fe(OH)_{3(s)}$

التجربة التأكيدية	إضافة **محلول هيدروكسيد الصوديوم** إلى **محلول الملح.**
المشاهدة	يتكون راسب **بني محمر** چيلاتيني من هيدروكسيد الحديد III
المعادلات	$FeCl_{3(aq)} + 3NaOH_{(aq)} \longrightarrow 3NaCl_{(aq)} + Fe(OH)_{3(s)}$



أثناء تجربة للكشف عن كاتيون أحد الأملاح تم إضافة قليلاً من NaOH فتكون راسب، وبإضافة المزيد من NaOH يتكون .... (تجريبي ٢١)

Ⓐ $NaAlO_{2(aq)}$
Ⓑ $BaSO_{4(s)}$
Ⓒ $NaNO_{3(aq)}$
Ⓓ $Al(OH)_{3(s)}$



لديك المركبات الآتية:

(١) كلوريد الألومنيوم.
(٢) كلوريد الحديد III
(٣) كلوريد الحديد II
(٤) كلوريد الهيدروچين.

فأي المركبات السابقة يمكنها التمييز بين محلولي هيدروكسيد الصوديوم وهيدروكسيد الأمونيوم عند توافر الشروط اللازمة لذلك؟ .... (تجريبي ٢١)

Ⓐ (١)، (٢)، (٣)
Ⓑ (١)، (٢)، (٤)
Ⓒ (١)، (٤)
Ⓓ (٢)، (٣)



٤ المجموعة التحليلية الخامسة (Ca^{2+})

- كاشف المجموعة : محلول كربونات الأمونيوم.
- يتم ترسيبها على هيئة : كربونات.
- يستخدم محلول كربونات الأمونيوم للكشف عن كاتيونات المجموعة التحليلية الخامسة... علل؟

لأنه يتفاعل مع هذه الكاتيونات مكوناً كربونات الفلز شحيحة الذوبان في الماء (رواسب) ولها ألوان مميزة.

التجربة الأساسية | **محلول الملح + كاشف المجموعة [محلول كربونات الأمونيوم $(NH_4)_2CO_3$]**

كاتيون الكالسيوم (Ca^{2+})

التجربة الأساسية	إضافة **محلول كربونات الأمونيوم** إلى **محلول الملح**.
المشاهدة	يتكون **راسب أبيض** من كربونات الكالسيوم يذوب في حمض HCl المخفف ويذوب أيضاً في الماء المحتوي على CO_2 لتكون بيكربونات الكالسيوم التي تذوب في الماء.
المعادلات	$CaCl_{2(aq)} + (NH_4)_2CO_{3(aq)} \longrightarrow 2NH_4Cl_{(aq)} + CaCO_{3(s)}$ $CaCO_{3(s)} + H_2O_{(\ell)} + CO_{2(g)} \longrightarrow Ca(HCO_3)_{2(aq)}$

التجربة التأكيدية	إضافة **حمض الكبريتيك المخفف** إلى محلول الملح.
المشاهدة	يتكون راسب أبيض من كبريتات الكالسيوم.
المعادلات	$CaCl_{2(aq)} + H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow 2HCl_{(aq)} + CaSO_{4(s)}$
تجربة الكشف الجاف	عند تعريض ملح صلب يحتوي على كاتيونات الكالسيوم للمنطقة غير المضيئة من لهب بنزن، فإنها تتلون بلون **أحمر طوبي**.



أجريت التجارب التالية على الملح (B)

التجربة	محلول الملح + محلول برمنجنات البوتاسيوم المحمضة	محلول الملح + محلول كربونات الأمونيوم
المشاهدة	يختفي لون محلول البرمنجنات	راسب أبيض

تدل المشاهدات على أن الملح (B) هو ....

Ⓐ $Ca(NO_3)_2$ Ⓑ $Ca(NO_2)_2$
Ⓒ $NaNO_2$ Ⓓ Na_2SO_4

شغل دماغك ١٣

خليط من هيدروكسيد الحديد III مع هيدروكسيد الألومنيوم وللحصول على هيدروكسيد الحديد III من هذا الخليط يمكن إضافة مادة .... إلى الخليط ثم الترشيح.

Ⓐ $NaCl$ Ⓑ $NaOH$
Ⓒ NH_4OH Ⓓ $AlCl_3$

تراكم معرفي لقوانين التحليل الكمي

المفاهيم والقوانين الآتي ذكرها سبق دراستها في الصف الأول الثانوي، ولها علاقة بموضوعات الكتاب، والأمثلة المحلولة وضعت لتذكر التراكم المعرفي فقط.

المول

كمية المادة التي تحتوي على عدد أفوجادرو من الجسيمات (جزيئات أو ذرات أو أيونات أو وحدات الصيغة أو إلكترونات)

مثال : في التفاعل التالي : $Al^{3+}_{(aq)} + 3e^- \longrightarrow Al_{(s)}$

يلزم 3 مول من الإلكترونات لاختزال 1 مول من أيونات Al^{3+} لتكوين 1 مول من ذرات Al

---

١ **الكتلة المولية :** مجموع الكتل الذرية للعناصر الداخلة في تركيب الجزيء في المركب التساهمي أو وحدة الصيغة في المركب الأيوني مقدرة بوحدة الجرام (g/mol).



احسب الكتلة المولية لكل من : [H = 1 , S = 32 , O = 16 , N = 14 , Cl = 35.5 , Na = 23]

(١) كلوريد الصوديوم NaCl
(٢) هيدروكسيد الصوديوم NaOH
(٣) حمض الكبريتيك H_2SO_4
(٤) نترات الأمونيوم NH_4NO_3

الإجابة

(١) الكتلة المولية لكلوريد الصوديوم NaCl = 23 + 35.5 = 58.5 g/mol
(٢) الكتلة المولية لهيدروكسيد الصوديوم NaOH = 23 + 16 + 1 = 40 g/mol
(٣) الكتلة المولية لحمض الكبريتيك H_2SO_4 = (2×1) + 32 + (4×16) = 98 g/mol
(٤) الكتلة المولية لنترات الأمونيوم NH_4NO_3 = (2×14) + (4×1) + (3×16) = 80 g/mol

---

٢ عدد المولات (mol) = $\frac{\text{كتلة المادة (g)}}{\text{كتلة المول (g/mol)}}$



احسب عدد مولات 6.4 جرام من ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) [S = 32 , O = 16]

الإجابة

كتلة المول من ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) = 32 + (2×16) = 64 g

عدد المولات (mol) = $\frac{\text{كتلة المادة (g)}}{\text{كتلة المول (g/mol)}} = \frac{6.4}{64} =$ 0.1 mol



٣ عدد المولات (mol) = $\frac{\text{عدد الجسيمات}}{6.02 \times 10^{23}}$

عدد الجسيمات = عدد الذرات أو الجزيئات أو الأيونات أو وحدات الصيغة أو الإلكترونات ... إلخ.


مثال ٣

احسب **عدد ذرات** الصوديوم الموجودة في 0.2 mol منه.

الإجابة

عدد ذرات الصوديوم = عدد المولات × 6.02×10^{23} = $6.02\times10^{23} \times 0.2$ = 1.204×10^{23} ذرة.

---

٤ عدد المولات (mol) = $\frac{\text{حجم الغاز (L)}}{22.4\ (L/mol)}$

(STP) تعني الظروف القياسية من الضغط ودرجة الحرارة

الضغط = 1 atm ، درجة الحرارة 0°C


مثال ٤

احسب **حجم** 11 g من غاز ثاني أكسيد الكربون **(CO_2)** في (STP) [C = 12 , O = 16]

الإجابة

$1\ mol\ (CO_2) = 12 + (2 \times 16) = 44\ g \longrightarrow 22.4\ L$

$11 g \longrightarrow X\ L$

$\therefore X = \frac{11\times22.4}{44} = 5.6\ L$


مثال ٥

احسب **حجم** الأكسجين اللازم لإنتاج **90 g** من الماء عند تفاعله مع وفرة من الهيدروجين (at STP) [H = 1 , O = 16]

تبعًا للمعادلة التالية : $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(v)}$

الإجابة

$1\ mol\ (O_2) \longrightarrow 2\ mol\ (H_2O)$

$22.4\ L \longrightarrow 2\times(2+16) = 36\ g$

$X\ L \longrightarrow 90\ g$

$\therefore X = \frac{90\times22.4}{36} = 56\ L$

---

٥ كثافة الغاز (g/L) = $\frac{\text{الكتلة المولية (g/mol)}}{22.4\ (L/mol)}$


مثال ٦

احسب كثافة غاز الأكسجين (at STP) [O = 16]

الإجابة

كثافة غاز (O_2) = $\frac{\text{الكتلة المولية}}{22.4\ L} = \frac{2\times16}{22.4} = 1.428\ g/L$

⑥ التركيز المولاري $(M) = \frac{\text{عدد مولات المذاب (mol)}}{\text{حجم المحلول (L)}}$

مثال ٧

احسب التركيز المولاري لمحلول سكر القصب $C_{12}H_{22}O_{11}$ في الماء إذا علمت أن كتلة السكر المذابة 85.5 g في محلول حجمه 500 mL

[C = 12 , H = 1 , O = 16]

الإجابة

الكتلة المولية من $(C_{12}H_{22}O_{11}) = (12\times12) + (22\times1) + (11\times16) = 342\ g$

عدد مولات $(C_{12}H_{22}O_{11}) = \frac{85.5}{342} = 0.25\ mol$

حجم المحلول $(L) = \frac{500}{1000} = 0.5\ L$

التركيز المولاري للمحلول $= \frac{0.25}{0.5} = 0.5\ mol/L$

---

⑦ النسبة المئوية الكتلية لعنصر في مركب $(g/g\ \%) = \frac{\text{كتلة العنصر في المول من المركب (g/mol)}}{\text{الكتلة المولية للمركب (g/mol)}} \times 100\ \%$

مثال ٨

احسب النسبة المئوية للنيتروچين في مركب نترات الأمونيوم (NH_4NO_3)

[N = 14 , H = 1 , O = 16]

الإجابة

الكتلة المولية من $(NH_4NO_3) = (3\times16) + (2\times14) + (4\times1) = 80\ g$

كتلة النيتروچين في مول من $(NH_4NO_3) = (2\times14) = 28\ g$

النسبة المئوية للنيتروچين في نترات الأمونيوم $= \frac{28}{80} \times 100 = 35\%$

---

⑧ النسبة المئوية الكتلية لمركب في عينة غير نقية $(g/g\ \%) = \frac{\text{كتلة المركب في العينة (g)}}{\text{كتلة العينة غير النقية (g)}} \times 100\ \%$

مثال ٩

إذا كانت كتلة عينة من كلوريد الكالسيوم المتهدرت $CaCl_2.XH_2O$ هي 1.47 g وسخنت تسخينًا شديدًا إلى أن ثبتت كتلتها فوجدت 1.11 g ، احسب النسبة المئوية لماء التبلر من الكلوريد المتهدرت.

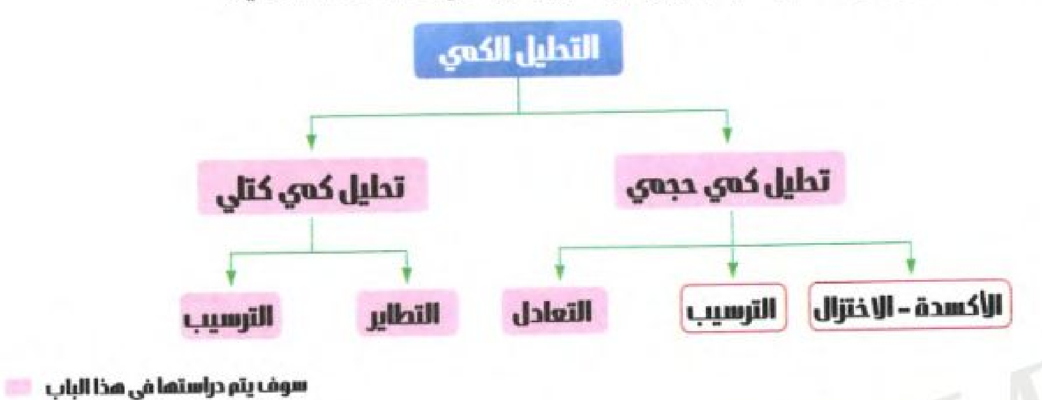
الإجابة

∵ كتلة ماء التبلر $= 1.47 - 1.11 = 0.36\ g$

∴ النسبة المئوية لماء التبلر $= \frac{0.36}{1.47} \times 100 = 24.49\%$

ثانيًا التحليل الكمي

عمليات الغرض منها تقدير نسبة (تركيز) كل مكون من مكونات المادة الأساسية.



سوف يتم دراستها في هذا الباب

١ التحليـل الكمي الحجمي

الأساس العلمي للتحليل الكمي الحجمي

تعتمد على قياس حجوم المواد المراد تقديرها وذلك بإضافة محلول من مادة معلومة الحجم والتركيز (المحلول القياسي) إلى حجمًا معلومًا من المادة المراد تحديد تركيزها حتى يتم التفاعل الكامل بين المادتين.

لاختيار المحلول القياسي يجب معرفة التفاعل المناسب بين محلولي المادتين وهذه التفاعلات **قد تكون :**

(١) تفاعلات الأكسدة والاختزال. (٢) تفاعلات الترسيب. (٣) تفاعلات التعادل.

١ تفاعلات الأكسدة والاختزال : تستخدم في تقدير المواد المؤكسدة والمختزلة.

٢ تفاعلات الترسيب : تستخدم في تقدير المواد التي يمكن أن تعطي نواتج شحيحة الذوبان في الماء.

٣ تفاعلات التعادل : تستخدم في تقدير الأحماض والقلويات (القواعد).

مثال : إذا كانت المادة المراد تقديرها حامضًا يستخدم في المعايرة محلول قياسي من قلوي أو قاعدة.
(هيدروكسيد الصوديوم أو كربونات الصوديوم) وإذا كانت المادة المراد تقديرها ذات خصائص قاعدية يستخدم محلول قياسي معلوم التركيز من الحمض لمعايرتها ... وهكذا.

المعايرة

- عملية تعيين تركيز حمض أو (قاعدة) بمعلومية الحجم اللازم منه للتعادل مع قاعدة أو (حمض) معلوم الحجم والتركيز.
- إضافة حجوم معلومة من مادة معلومة التركيز إلى محلول مادة أخرى معلومة الحجم ومجهولة التركيز لتعيين تركيزها.

المحلول القياسي

محلول معلوم الحجم والتركيز يستخدم لتعيين تركيز محلول آخر مجهول التركيز بالتفاعل معه.

وللتعرف على نقطة نهاية التفاعل (End Point) تُستخدم أدلة (Indicators) لتحديد نهاية التفاعل حيث يتغير لونها بتغيير وسط التفاعل.

نقطة التعادل (نهاية التفاعل)

النقطة التي يتم عندها انتهاء تفاعل التعادل بين الحمض والقاعدة ونستدل عليها بتغير لون الدليل.

الأدلة (الكواشف)

مواد يتغير لونها بتغير نوع وسط التفاعل وتستخدم للتعرف على نقطة التعادل.

الأدلة المستخدمة في تفاعلات التعادل

الدليـل	اللون في الوسط الحامضي	اللون في الوسط المتعادل	اللون في الوسط القاعدي
الميثيل البرتقالي	أحمر	برتقالي	أصفر
عبـاد الشمـس	أحمر	أرجواني	أزرق
أزرق بروموثيمول	أصفر	أخضر فاتح	أزرق
الفينولفيثاليـن	عديم اللون	عديم اللون	أحمر وردي

① لا يستخدم محلول قاعدي في التمييز بين دليل عباد الشمس ودليل أزرق بروموثيمول ... علل؟

لأن كل منهما لونه أزرق في الوسط القاعدي.

② لا يستخدم محلول حامضي في التمييز بين دليل عباد الشمس ودليل الميثيل البرتقالي ... علل؟

لأن كل منهما لونه أحمر في الوسط الحامضي.

③ لا يستخدم دليل الفينولفثالين في الكشف عن الأوساط الحامضية والمتعادلة ... علل؟

لأنه عديم اللون في الأوساط الحامضية والمتعادلة.

تجربة عملية معايرة (تقدير تركيز) محلول من هيدروكسيد الصوديوم بمعلومية محلول قياسي من حمض الهيدروكلوريك

خطوات العمل



① ضع في السحاحة محلول حمض الهيدروكلوريك (0.1 mol/L)

② انقل بواسطة الماصة (25 mL) من محلول هيدروكسيد الصوديوم إلى دورق وأضف إليه قطرتين من دليل مناسب.

③ أضف محلول الحمض من السحاحة تدريجيًا إلى محلول القلوي حتى يتغير لون الدليل ويكون ذلك دليل على انتهاء التفاعل، الذي يمكن تمثيله على النحو التالي :

$$NaOH_{(aq)} + HCl_{(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(\ell)}$$

④ نعين حجم الحمض من قراءة السحاحة وليكن (21 mL)

⑤ نعوض في القانون : $\frac{M_a V_a}{n_a} = \frac{M_b V_b}{n_b}$

حيث أن :

M_a	تركيز الحمض المستخدم (mol/L)
V_a	حجم الحمض المستخدم في المعايرة (mL)
n_a	عدد مولات الحمض في معادلة التفاعل المتزنة.

M_b	تركيز القلوي المستخدم (mol/L)
V_b	حجم القلوي المستخدم في المعايرة (mL)
n_b	عدد مولات القلوي في معادلة التفاعل المتزنة.



أجريت معايرة 25 mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH باستخدام حمض الهيدروكلوريك 0.1 M وعند تمام التفاعل استهلك 21 mL من الحمض، احسب التركيز المولاري لهيدروكسيد الصوديوم.

الإجابة

المعادلة الموزونة للتفاعل :

$$HCl_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(\ell)}$$

$M_a = 0.1$ M $\quad M_b = ?$ M

$V_a = 21$ mL $\quad V_b = 25$ mL

$n_a = 1$ mol $\quad n_b = 1$ mol

$$\because \frac{M_aV_a}{n_a} = \frac{M_bV_b}{n_b} \Rightarrow \frac{0.1\times21}{1} = \frac{M_b\times25}{1}$$

$$\therefore M_b = \frac{21\times0.1}{25} = 0.084 \text{ M}$$



أجريت معايرة 20 mL من محلول هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ باستخدام حمض الهيدروكلوريك 0.5 M عند تمام التفاعل استهلك 25 mL من الحمض، احسب التركيز المولاري لهيدروكسيد الكالسيوم.

الإجابة

المعادلة الموزونة للتفاعل :

$$2HCl_{(aq)} + Ca(OH)_{2(aq)} \longrightarrow CaCl_{2(aq)} + 2H_2O_{(\ell)}$$

$M_a = 0.5$ M $\quad M_b = ?$ M

$V_a = 25$ mL $\quad V_b = 20$ mL

$n_a = 2$ mol $\quad n_b = 1$ mol

$$\because \frac{M_aV_a}{n_a} = \frac{M_bV_b}{n_b} \Rightarrow \frac{0.5\times25}{2} = \frac{M_b\times20}{1}$$

$$\therefore M_b = \frac{0.5\times25}{2\times20} = 0.3125 \text{ M}$$



احسب كتلة هيدروكسيد الصوديوم المذابة في 10 mL ، التي تتعادل مع 20 mL من حمض الكبريتيك 0.22 M

[Na = 23 , O = 16 , H = 1]

الإجابة

أولًا : إيجاد تركيز محلول هيدروكسيد الصوديوم :

المعادلة الموزونة للتفاعل :

$$H_2SO_{4(aq)} + 2NaOH_{(aq)} \longrightarrow Na_2SO_{4(aq)} + 2H_2O_{(\ell)}$$

$M_a = 0.22$ M $\quad M_b = ?$ M

$V_a = 20$ mL $\quad V_b = 10$ mL

$n_a = 1$ mol $\quad n_b = 2$ mol

$$\because \frac{M_aV_a}{n_a} = \frac{M_bV_b}{n_b} \Rightarrow \frac{0.22\times20}{1} = \frac{M_b\times10}{2}$$

$$\therefore M_b = \frac{20\times0.22\times2}{10} = 0.88 \text{ M}$$

ثانيًا : إيجاد كتلة هيدروكسيد الصوديوم :

كتلة المول من NaOH = 23 + 16 + 1 = 40 g

عدد المولات = التركيز × حجم المحلول (L) = $0.88 \times 10\times10^{-3}$ = 8.8×10^{-3} mol

كتلة المادة = عدد المولات × كتلة المول = $40 \times 8.8\times10^{-3}$ = 0.352 g



تفاعل 150 mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم يحتوي اللتر منه على 16 g مع 75 mL من محلول حمض الهيدروكلوريك، احسب تركيز الحمض [Na = 23 , O = 16 , H = 1]

الإجابة

أولًا : إيجاد تركيز محلول هيدروكسيد الصوديوم :

كتلة المول من NaOH = 1 + 16 + 23 = 40 g/mol

∵ عدد مولات NaOH = $\frac{16}{40}$ = 0.4 mol ∵ حجم المحلول = 1 L

∴ التركيز = $\frac{\text{عدد مولات المذاب (mol)}}{\text{حجم المحلول (L)}} = \frac{0.4}{1}$ = 0.4 M

ثانيًا : إيجاد تركيز الحمض :

المعادلة الموزونة للتفاعل :

$HCl_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(\ell)}$

$M_a = ?\ M$ $M_b = 0.4\ M$

$V_a = 75\ mL$ $V_b = 150\ mL$

$n_a = 1\ mol$ $n_b = 1\ mol$

$\because \frac{M_aV_a}{n_a} = \frac{M_bV_b}{n_b} \Rightarrow \frac{M_a \times 75}{1} = \frac{0.4 \times 150}{1}$

$\therefore M_a = \frac{0.4 \times 150}{75} = 0.8\ M$



مخلوط من مادة صلبة يحتوي على هيدروكسيد الصوديوم وكلوريد الصوديوم ، لزم لمعايرة 0.1 g منه حتى تمام التفاعل 10 mL من حمض الهيدروكلوريك 0.1 mol/L ، احسب النسبة المئوية لهيدروكسيد الصوديوم في المخلوط. [Na = 23 , O = 16 , H = 1]

الإجابة

أولًا : إيجاد عدد مولات هيدروكسيد الصوديوم :

$HCl_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(\ell)}$

$M_a = 0.1\ M$ $M_b = ?\ M$

$V_a = 10 \times 10^{-3}\ L$ $V_b = ?\ L$

$n_a = 1\ mol$ $n_b = 1\ mol$

$\because \frac{M_aV_a}{n_a} = \frac{M_bV_b}{n_b}$

$\frac{0.1 \times 10 \times 10^{-3}}{1} = \frac{M_bV_b}{1}$

∴ عدد مولات NaOH المتفاعلة $(M_b \times V_b) = 0.1 \times 10 \times 10^{-3} = 0.001$ mol

ثانيًا : إيجاد كتلة هيدروكسيد الصوديوم :

كتلة المول من NaOH = 1 + 16 + 23 = 40 g/mol

كتلة NaOH = عدد المولات × كتلة المول = 0.001 × 40 = 0.04 g

ثالثًا : إيجاد النسبة المئوية لهيدروكسيد الصوديوم :

∴ نسبة هيدروكسيد الصوديوم في المخلوط = $\frac{0.04}{0.1} \times 100$ = 40 %



مثال ١٥

أضيف 30 mL من محلول كربونات الصوديوم 0.1 mol/L إلى 20 mL من حمض الهيدروكلوريك 0.2 mol/L ما المادة الزائدة ؟ ، وما كميتها ؟

الإجابة

من معادلة التفاعل :

$$2HCl_{(aq)} + Na_2CO_{3(aq)} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} + CO_{2(g)}$$

$M_a = 0.2M$, $M_b = 0.1M$

$V_a = 20\times10^{-3}L$, $V_b = 30\times10^{-3}L$

$n_a = 2mol$, $n_b = 1mol$

كمية الحمض المتفاعلة = $\frac{M_aV_a}{n_a} = \frac{0.2\times20\times10^{-3}}{2} = 2\times10^{-3}$ mol

كمية القاعدة المتفاعلة = $\frac{M_bV_b}{n_b} = \frac{0.1\times30\times10^{-3}}{1} = 3\times10^{-3}$ mol

∴ المادة الزائدة هي القاعدة.

∴ كمية القاعدة الزائدة = $(3\times10^{-3}) - (2\times10^{-3}) = 1\times10^{-3}$ mol

---

مثال ١٦

استنتج لون خليط التفاعل الناتج عن خلط 50 mL من حمض الكبريتيك 0.2 M مع 100 mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم 0.1 M به قطرات من **دليل عباد الشمس**.

الإجابة

من معادلة التفاعل :

$$H_2SO_{4(aq)} + 2NaOH_{(aq)} \longrightarrow Na_2SO_{4(aq)} + 2H_2O_{(\ell)}$$

$M_a = 0.2M$, $M_b = 0.1M$

$V_a = 50\times10^{-3}L$, $V_b = 100\times10^{-3}L$

$n_a = 1mol$, $n_b = 2mol$

كمية الحمض المتفاعلة = $\frac{M_aV_a}{n_a} = \frac{0.2\times50\times10^{-3}}{1} = 10\times10^{-3}$ mol

كمية القاعدة المتفاعلة = $\frac{M_bV_b}{n_b} = \frac{0.1\times100\times10^{-3}}{2} = 5\times10^{-3}$ mol

∴ المادة الزائدة هي **الحمض**، فيتغير لون دليل عباد الشمس إلى اللون **الأحمر**.



احسب حجم الماء اللازم إضافته إلى 150 mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه 0.4 mol/L لتخفيفه إلى محلول تركيزه 0.15 mol/L

الإجابة

عدد مولات المذاب في المحلول (قبل التخفيف) = عدد مولات المذاب في المحلول (بعد التخفيف)

التركيز M_1 × الحجم V_1 (قبل التخفيف) = التركيز M_2 × الحجم V_2 (بعد التخفيف)

$$V_2 \times 0.15 = 150 \times 0.4$$

حجم المحلول (بعد التخفيف) $V_2 = \frac{150 \times 0.4}{0.15} = 400\ mL$

حجم الماء المضاف = حجم المحلول (بعد التخفيف) – حجم المحلول (قبل التخفيف)

حجم الماء المضاف = 400 – 150 = 250 mL



تم معايرة 20 mL من محلول NaOH تركيزه 0.1 M من محلول حمض HCl تركيزه 0.1 M

فإذا تم استبدال حمض الهيدروكلوريك بحمض الكبريتيك تركيزه 0.1 M

ما حجم حمض الكبريتيك المستخدم؟ .... (تجريبي ٢١)

(أ) نصف حجم حمض HCl

(ب) ضعف حجم حمض HCl

(ج) يساوي حجم حمض HCl

(د) ضعف حجم القلوي NaOH

شغل دماغك ١٥

أضيف 20 mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه 0.1 mol/L

إلى محلول حمض الكبريتيك حجمه 10 mL وتركيزه 0.2mol/L

أي الاختيارات التالية يعبر عن نوع المحلول الناتج وتأثيره على لون الكاشف؟ .... (تجريبي ٢١)

الاختيار	نوع المحلول	تأثيره على لون الكاشف
(أ)	قاعدي	يحول لون محلول عباد الشمس إلى الأزرق
(ب)	حمضي	يحول لون الميثيل البرتقالي إلى الأحمر
(ج)	حمضي	يحول لون الفينولفثالين إلى الأحمر
(د)	متعادل	يحول لون أزرق بروموثيمول إلى الأخضر

٢ التحليل الكمي الكتلي

الأساس العلمي للتحليل الكمي الكتلي

يعتمد التحليل الكتلي على فصل المكون المراد تقديره، ثم تعيين كتلته وباستخدام الحساب الكيميائي يمكن حساب كميته، ويتم فصل هذا المكون **بإحدى طريقتين** :

(١) **طريقة التطاير** (في حالة الغازات والأبخرة).

(٢) **طريقة الترسيب** (في حالة المواد شحيحة الذوبان في الماء).

❶ طريقة التطاير

الأساس العلمي لطريقة التطاير

تبنى فكرتها على تطاير العنصر أو المركب المراد تقديره وتجرى عملية التقدير إما بجمع المادة المتطايرة وتعيين كتلتها أو بتعيين مقدار النقص في كتلة المادة الأصلية.



إذا كانت كتلة عينة من كلوريد الباريوم المتهدرت $BaCl_2.XH_2O$ هي 2.6903 g وسخنت تسخيناً شديداً إلى أن ثبتت كتلتها فوجدت 2.2923 g ، احسب النسبة المئوية لماء التبلر من الملح المتهدرت، ثم أوجد صيغته الجزيئية.

[O = 16 , H = 1 , Cl = 35.5 , Ba = 137]

الإجابة

كتلة كلوريد الباريوم المتهدرت $(BaCl_2.XH_2O)$ = 2.6903 g

كتلة كلوريد الباريوم $(BaCl_2)$ = 2.2923 g

كتلة ماء التبلر = 2.6903 − 2.2923 = 0.398 g

∴ النسبة المئوية لماء التبلر = $\frac{0.398}{2.6903} \times 100 = 14.79\%$

	H_2O	$BaCl_2$
كتلة المادة	0.398 g	2.2923 g
كتلة المول	2 + 16 = 18 g	137 + (2×35.5) = 208 g
عدد المولات	$\frac{0.398}{18} = 0.022$ mol	$\frac{2.2923}{208} = 0.011$ mol
نسبة المولات	$\frac{0.022}{0.011} = 2$	$\frac{0.011}{0.011} = 1$
الصيغة الجزيئية	$BaCl_2.2H_2O$	

حل آخر

∵ الكتلة المولية للماء = $(1\times2) + (16\times1) = 18$ g/mol

1mol $(BaCl_2)$ ⟶ Xmol (H_2O)

208 g ⟶ 18 X g

2.2923 g ⟶ 0.398 g

$$X = \frac{208 \times 0.398}{2.2923 \times 18} = 2$$



عينة من كلوريد الكالسيوم المتهدرت $CaCl_2.XH_2O$ موضوعة في جفنة كتلتها 11.47 g ،
سخنت تسخيناً شديداً إلى أن ثبتت كتلتها فأصبحت 11.11 g ، فإذا علمت أن كتلة الجفنة فارغة 10 g
أوجد الصيغة الجزيئية للعينة المتهدرتة. [O = 16 , H = 1 , Cl = 35.5 , Ca = 40]

الإجابة

كتلة كلوريد الكالسيوم المتهدرت $(CaCl_2.XH_2O)$ = 11.47 – 10 = 1.47 g

كتلة كلوريد الكالسيوم $(CaCl_2)$ = 11.11 – 10 = 1.11 g

كتلة ماء التبلر = 1.47 – 1.11 = 0.36 g

	H_2O	$CaCl_2$
كتلة المـــادة	0.36g	1.11g
كتلة المـــول	2+16 = 18g	40+(2×35.5) = 111g
عدد المـــولات	$\frac{0.36}{18} = 0.02\ mol$	$\frac{1.11}{111} = 0.01\ mol$
نسبة المـــولات	$\frac{0.02}{0.01} = 2$	$\frac{0.01}{0.01} = 1$
الصيغة الجزيئية	$CaCl_2.2H_2O$	

حل آخر

∵ الكتلة المولية للماء = $(1×2) + (16×1) = 18$ g/mol

1mol $(CaCl_2)$ ⟶ Xmol (H_2O)

111 g ⟶ 18 X g

1.11 g ⟶ 0.36 g

$X = \frac{111 \times 0.36}{1.11 \times 18} = 2$

مثال ٢٠

احسب عدد مولات ماء التبلر في مول من كبريتات الماغنسيوم المتهدرتة، إذا علمت أن عينة منها تحتوي على
62.26 % من كتلتها ماء تبلر. [O = 16 , H = 1 , Mg = 24 , S = 32]

الإجابة

كتلة كبريتات الماغنسيوم $(MgSO_4)$ = 100 – 62.26 = 37.74 g

	H_2O	$MgSO_4$
كتلة المـــادة	62.26g	37.74g
كتلة المـــول	2+16 = 18g	24+32+(4×16) = 120g
عدد المـــولات	$\frac{62.26}{18} = 3.459mol$	$\frac{37.74}{120} = 0.3145mol$
نسبة المـــولات	$\frac{3.459}{0.3145} = 11$	$\frac{0.3145}{0.3145} = 1$
الصيغة الجزيئية	$MgSO_4.11H_2O$	

حل آخر

∵ الكتلة المولية للماء = $(1×2) + (16×1) = 18$ g/mol

1mol $(MgSO_4)$ ⟶ Xmol (H_2O)

120 g ⟶ 18 X g

37.74 g ⟶ 62.26 g

$X = \frac{120 \times 62.26}{37.74 \times 18} = 11$

شغل دماغك ١٦

14.3 g من كربونات الصوديوم المتهدرت $Na_2CO_3.XH_2O$ أذيبت في الماء وأكمل الحجم إلى واحد لتر
وعند معادلة 25 mL من هذا المحلول مع حمض الهيدروكلوريك تركيزه 0.1 mol/L وحجمه 25 mL
فإن النسبة المئوية لماء التبلر تساوي .... [Na = 23 , C = 12 , O = 16] (تجريبي ٢١)

أ) 31.65% ب) 15.73% ج) 62.93% د) 25.87%



❷ طريقة الترسيب

الأساس العلمي لطريقة الترسيب

تعتمد هذه الطريقة على **عدة خطوات** :

- ترسيب العنصر أو المكون المراد تقديره على هيئة مركب نقي غير قابل للذوبان وذو تركيب كيميائي معروف وثابت.
- يفصل هذا المركب عن المحلول بالترشيح على **ورقة ترشيح عديمة الرماد**.
- تنقل ورقة الترشيح وعليها الراسب في بوتقة احتراق وتحرق تماماً حتى تتطاير مكونات ورقة الترشيح ويبقى الراسب.
- من كتلة الراسب يمكن تحديد كتلة العنصر أو المركب.

مثال : ترسيب الباريوم على صورة كبريتات الباريوم.

ورق الترشيح عديم الرماد
ورق ترشيح يحترق احتراقاً كاملاً ولا يترك أي رماد.

يفضل استخدام ورق ترشيح عديم الرماد عند إجراء التحليل الكمي الكتلي بطريقة الترسيب ... علل؟
لأنه يحترق احتراقاً كاملاً ولا يترك أي رماد يؤثر على كتلة الراسب المتكون.


مثال ٢١

أضيف محلول كبريتات الصوديوم إلى محلول من كلوريد الباريوم حتى تمام ترسيب كبريتات الباريوم وتم فصل الراسب بالترشيح والتجفيف فوجد أن كتلته 2 g ، احسب كتلة كلوريد الباريوم في المحلول.
[O = 16 , S = 32 , Cl = 35.5 , Ba = 137]

الإجابة

من معادلة التفاعل:

$$BaCl_{2(aq)} + Na_2SO_{4(aq)} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + BaSO_{4(s)}$$

$$1\ mol\ (BaCl_2) \longrightarrow 1mol\ (BaSO_4)$$

$$137+71 = 208\ g \longrightarrow 137+32+64 = 233\ g$$

$$X\ g \longrightarrow 2\ g$$

كتلة كلوريد الباريوم $(X) = \frac{2\times 208}{233} = 1.785\ g$



تستخدم عينة غير نقية كتلتها 5.2 g من كلوريد الباريوم لترسيب 4.66 g من كبريتات الباريوم بالتفاعل مع وفرة من محلول كبريتات الصوديوم، احسب النسبة المئوية لكلوريد الباريوم في العينة.

[O = 16 , S = 32 , Cl = 35.5 , Ba = 137]

الإجابة

من معادلة التفاعل:

$$BaCl_{2(aq)} + Na_2SO_{4(aq)} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + BaSO_{4(s)}$$

$$1\ mol\ (BaCl_2) \longrightarrow 1mol\ (BaSO_4)$$

$$137+71 = 208\ g \longrightarrow 137+32+64 = 233\ g$$

$$X\ g \longrightarrow 4.66\ g$$

كتلة كلوريد الباريوم (X) = $\frac{4.66 \times 208}{233}$ = 4.16 g

نسبة كلوريد الباريوم في العينة = $\frac{4.16}{5.2} \times 100$ = 80%



أذيب 2 g من كلوريد الصوديوم غير النقي في الماء وأضيف إليه وفرة من نترات الفضة فترسب 4.628 g من كلوريد الفضة، احسب نسبة الكلور في العينة.

[Ag = 108 , Cl = 35.5]

الإجابة

من معادلة التفاعل:

$$NaCl_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \longrightarrow NaNO_{3(aq)} + AgCl_{(s)}$$

$$1\ mol\ (Cl^-) \longrightarrow 1mol\ (AgCl)$$

$$35.5\ g \longrightarrow 108+35.5 = 143.5\ g$$

$$X\ g \longrightarrow 4.628\ g$$

كتلة الكلور (X) = $\frac{4.628 \times 35.5}{143.5}$ = 1.145 g

نسبة الكلور في العينة = $\frac{1.145}{2} \times 100$ = 57.25%



مثال ٢٤

نترات الفضة تستخدم في التمييز بين الملح الصوديومي لأيوني اليوديد I^- والفوسفات PO_4^{3-} ، وفي إحدى التجارب أخذت عينة غير نقية منه كتلتها 2 g فنتج عن التفاعل 2.35 g من راسب أصفر لا يذوب في محلول النشادر ،
تعرف على الأنيون في الراسب المتكون؟
احسب النسبة المئوية لنترات الفضة في العينة غير النقية. [O = 16 , I = 127 , P = 31 , Ag = 108 , N = 14]

الإجابة

الأنيون: هو اليوديد I^-

من معادلة التفاعل:

$$NaI_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \longrightarrow NaNO_{3(aq)} + AgI_{(s)}$$

$$1\ mol\ (AgNO_3) \longrightarrow 1\ mol\ (AgI)$$

$$108 + 14 + 48 = 170\ g \longrightarrow 108 + 127 = 235\ g$$

$$X\ g \longrightarrow 2.35\ g$$

كتلة نترات الفضة النقية $(X) = \frac{2.35 \times 170}{235} = 1.7\ g$

نسبة نترات الفضة في العينة $= \frac{1.7}{2} \times 100 = 85\%$



شغل دماغك ١٧

عينة تحتوي على خليط من ملحي كلوريد الصوديوم وفوسفات الصوديوم كتلتها 10 g أذيبت في الماء وأضيف إليها وفرة من محلول مائي لكلوريد الباريوم فكانت كتلة الراسب المتكون 6 g
فإن النسبة المئوية لفوسفات الصوديوم في العينة تكون .... [Ba = 137 , Na = 23 , P = 31 , O = 16] (تجريبي ٢١)

Ⓐ 49.05%
Ⓑ 32.7%
Ⓒ 65.5%
Ⓓ 16.35%

شغل دماغك ١٨

أذيب 4g من كلوريد الصوديوم غير النقي في الماء وأضيف إليه وفرة من محلول نترات الفضة فترسب 3.52g من كلوريد الفضة، ما النسبة المئوية الكتلية لأيون الكلوريد في العينة؟ .... [Ag = 108 , Cl = 35.5] (تجريبي ٢١)

Ⓐ 21.77%
Ⓑ 20.8%
Ⓒ 22.8%
Ⓓ 19.77%

امتحان 2 التحليل الكيميائي

30

أولاً الأسئلة الموضوعية (الاختيار من متعدد) "كل سؤال درجة واحدة"

١ في المعادلة الكيميائية التالية:

$$\text{ملح} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} + X_{(g)}$$

أي من العبارات الآتية تعبر عن الغاز الناتج X ؟ .... (مصر ثان ٢٢)

(أ) يخضر ورقة مبللة بمحلول ثاني كرومات البوتاسيوم المحمضة.

(ب) يسود ورقة مبللة بمحلول أسيتات الرصاص II

(ج) يصفر ورقة مبللة بمحلول النشا.

(د) يزرق ورقة مبللة بمحلول النشا.

---

٢ في المخطط التالي:

$$SO_{2(g)} \xleftarrow{HCl_{(aq)}} \boxed{X} \xrightarrow{I_{2(aq)}} \text{يزول لون اليود}$$

الملح X هو .... (مصر ثان ٢٣)

(أ) Na_2SO_4 (ب) Na_2SO_3 (ج) Na_2S (د) $Na_2S_2O_3$

---

٣ لديك أزواج الأملاح التالية: (تجريبي ٢١)

(1) نيتريت الصوديوم وكربونات الصوديوم.

(2) كبريتيت الصوديوم وكبريتات الصوديوم.

(3) كبريتات البوتاسيوم وفوسفات البوتاسيوم.

(4) يوديد البوتاسيوم وكبريتات النحاس II

أي من الأزواج السابقة يمكن استخدام حمض الهيدروكلوريك المخفف للتمييز بين كل منهما على حدة؟ ....

(أ) (1)، (2) (ب) (2)، (4)

(ج) (3)، (4) (د) (1)، (3)

---

٤ عند إضافة محلول حمض الهيدروكلوريك المخفف إلى ملحين مختلفين كل على حدة يتصاعد غاز من كل منهما وكلا الغازين قابل للأكسدة، فإن الملحين هما .... (تجريبي ٢٣)

(أ) $KHCO_3 - K_2S_2O_3$ (ب) $KNO_2 - K_2S$

(ج) $KNO_2 - K_2CO_3$ (د) $KNO_2 - K_2SO_3$

---

٥ أي الأملاح الآتية يكون مع حمض الكبريتيك المركز خليطًا من الغازات؟ .... (مصر أول ٢٣)

(أ) كربونات بوتاسيوم. (ب) فوسفات بوتاسيوم.

(ج) كلوريد صوديوم. (د) بروميد صوديوم.

٦ عند إضافة حمض كبريتيك مركز ساخن إلى الأملاح (X) ، (Y) ، (Z) كانت النتائج كما يلي:
– في حالة الملح (X) تصاعد غاز عديم اللون.
– في حالة الملح (Y) تصاعدت أبخرة تسبب اصفرار ورقة مبللة بالنشا.
– في حالة الملح (Z) لم تظهر مشاهدات.
فإن أنيونات الأملاح (Z) , (Y) , (X) هي .... (مصر أول ٢٢)

(أ) $X : CO_3^{2-}$, $Y : Br^-$, $Z : I^-$
(ب) $X : Br^-$, $Y : Cl^-$, $Z : PO_4^{3-}$
(ج) $X : I^-$, $Y : Br^-$, $Z : Cl^-$
(د) $X : Cl^-$, $Y : Br^-$, $Z : SO_4^{2-}$

---

٧ بإضافة حمض الهيدروكلوريك المخفف إلى ثلاثة أملاح صلبة (A) ، (B) ، (C) كل على حده
تصاعد غاز في حالة (A) وتصاعد غاز وتكون راسب في حالة (B) ولم يحدث تفاعل في حالة (C)
فإن أنيونات (A) ، (B) ، (C) هي .... (مصر ثان ٢١)

(أ) $A : NO_2^-$, $B : S_2O_3^{2-}$, $C : SO_4^{2-}$
(ب) $A : NO_3^-$, $B : S^{2-}$, $C : PO_4^{3-}$
(ج) $A : Cl^-$, $B : S_2O_3^{2-}$, $C : SO_4^{2-}$
(د) $A : CO_3^{2-}$, $B : NO_3^-$, $C : PO_4^{3-}$

---

٨ أيٌ من المركبات الآتية يُستخدم للكشف عن شقي ملح نترات الرصاص؟ .... (مصر ثان ٢٢)

(أ) حمض نيتريك.
(ب) حمض هيدروكلوريك.
(ج) حمض كبريتيك.
(د) حمض كربونيك.

---

٩ أيٌ مما يلي $NaOH_{(aq)}$ ، $BaCl_{2(aq)}$ ، $HCl_{(aq)}$
يُستخدم للتمييز بين محلول كبريتات الألومنيوم ومحلول كلوريد الحديد II ؟ .... (مصر ثان ٢٣)

(أ) $HCl_{(aq)}$ ، $BaCl_{2(aq)}$
(ب) $NaOH_{(aq)}$ فقط.
(ج) $HCl_{(aq)}$ فقط.
(د) $NaOH_{(aq)}$ ، $BaCl_{2(aq)}$

---

١٠ أضيف محلول هيدروكسيد البوتاسيوم لمحلول ملح كبريتات حديد II مُعد منذ فترة طويلة في كأس زجاجي
فتكون راسب لونه .... (مصر ثان ٢٢)

(أ) چيلاتيني أبيض.
(ب) أبيض مخضر.
(ج) چيلاتيني أخضر.
(د) بني محمر.

---

١١ تفاعل 0.125 mol من حمض الكبريتيك المركز الساخن مع وفرة من نترات الصوديوم
وعند معايرة حمض النيتريك الناتج تعادل مع 200 mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم
فإن تركيز هيدروكسيد الصوديوم .... علمًا بأن الكتل المولية $(H_2SO_4 = 98\ g/mol\ ,\ HNO_3 = 63\ g/mol)$ (تجريبي ٢٣)

(أ) 6.25 M
(ب) 0.12 M
(ج) 0.625 M
(د) 1.25 M

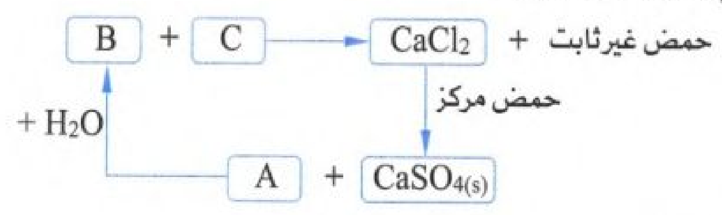
⑫ **الجدول الآتي لبعض المركبات الكيميائية:**

A	B	C	D
$Al(NO_3)_3$	$FeSO_4$	NH_4OH	HCl

أي من الاختيارات الآتية صحيحة ؟ .... (مصر أول ٢٣)

Ⓐ (D) يكشف عن أنيون (B) وأنيون (A)
Ⓑ (C) يكشف عن كاتيون (B) وكاتيون (A)
Ⓒ (A) يكشف عن أنيون (D) وأنيون (C)
Ⓓ (B) يكشف عن كاتيون (C) وأنيون (D)

⑬ **تتم التفاعلات التالية في الظروف المناسبة:**



فإن المركبين (A) ، (C) هما .... (مصر ثان ٢٣)

Ⓐ $(A) : HCl_{(aq)}$ ، $(C) : Ca(OH)_2$
Ⓑ $(A) : HCl_{(g)}$ ، $(C) : CaCO_3$
Ⓒ $(A) : HCl_{(g)}$ ، $(C) : Ca(OH)_2$
Ⓓ $(A) : HCl_{(aq)}$ ، $(C) : CaCO_3$

⑭ **باستخدام الجدول التالي:**

الكاشف	محلول A	محلول B
$KMnO_4$ محمضة	يزول اللون	يزول اللون
$NaOH_{(aq)}$	لا يتكون راسب	يتكون راسب

فإن الملحين (A) ، (B) هما .... (مصر ثان ٢٣)

Ⓐ $A : NaNO_2$, $B : FeSO_4$
Ⓑ $A : NaNO_3$, $B : FeSO_4$
Ⓒ $A : NaNO_2$, $B : Fe_2(SO_4)_3$
Ⓓ $A : NaNO_3$, $B : Fe_2(SO_4)_3$

⑮ عند إمرار غاز (X) في محلول محمض للملح (Y) تكون راسب أسود، وعند إضافة محلول نترات الفضة لمحلول الملح (Y) تكون راسب أبيض، فإن الغاز (X) ، والملح (Y) هما .... (مصر ثان ٢٣)

Ⓐ $(X) : H_2S$ ، $(Y) : NaI$
Ⓑ $(X) : CO_2$ ، $(Y) : CuCl_2$
Ⓒ $(X) : NO_2$ ، $(Y) : MgSO_4$
Ⓓ $(X) : H_2S$ ، $(Y) : CuCl_2$

⑯ لتعيين تركيز محلول نترات الفضة يستخدم محلول قياسي من .... (تجريبي ٢٣)

Ⓐ Na_3PO_4
Ⓑ $NaHCO_3$
Ⓒ HNO_3
Ⓓ CH_3COOK



ثانيًا الأسئلة الموضوعية (الاختيار من متعدد) "كل سؤال درجتان"

⑰ عند إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم إلى 10 mL من محلول كبريتات الألومنيوم تركيزه 0.1 M للحصول على محلول رائق ، فإن كتلة هيدروكسيد الصوديوم اللازمة للتفاعل تساوي .... (تجريبي ٢٣)

(علمًا بأن الكتلة المولية لـ NaOH = 40 g/mol)

Ⓐ 2.40 g　Ⓑ 320 g　Ⓒ 0.320 g　Ⓓ 0.24 g

⑱ أضيف 1 L من محلول كلوريد الكالسيوم 0.3 M إلى 1 L من حمض الكبريتيك 0.4 M ثم أضيف محلول هيدروكسيد الباريوم لمعادلة الزيادة من الحمض فتكون راسب فإن عدد مولات الحمض الزائد وكتلة الراسب المتكون تكون .... (مصر أول ٢٣)

علمًا بأن الكتل المولية : [$Ba(OH)_2$ = 171 g/mol , $BaSO_4$ = 233 g/mol , H_2SO_4 = 98 g/mol]

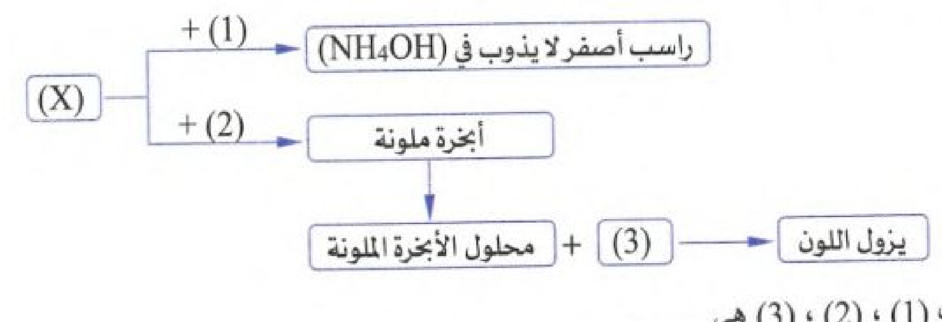
Ⓐ (46.6 g) – (0.2 mol)
Ⓑ (93.2 g) – (0.1 mol)
Ⓒ (23.3 g) – (0.1 mol)
Ⓓ (69.9 g) – (0.3 mol)

⑲ أضيف وفرة من حمض الكبريتيك المركز الساخن إلى 0.1 mol من أكسيد الحديد المغناطيسي ثم أضيف إلى النواتج وفرة من هيدروكسيد الصوديوم، فإن مجموع كتلة الرواسب المتكونة تساوي .... (مصر ثان ٢٣)

علمًا بأن الكتلة الجزيئية لكل من: [$Fe(OH)_2$ = 90 , $Fe(OH)_3$ = 107]

Ⓐ 30.4 g　Ⓑ 19.7 g
Ⓒ 152 g　Ⓓ 60.8 g

⑳ **التفاعلات التالية تتم في الظروف المناسبة لها:**



فإن المركبات (1) ، (2) ، (3) هي .... (مصر أول ٢٣)

Ⓐ (1) : $AgNO_3$ ، (2) : HCl ، (3) : Na_2SO_3
Ⓑ (1) : K_3PO_4 ، (2) : HBr ، (3) : $Na_2S_2O_3$
Ⓒ (1) : $AgNO_3$ ، (2) : H_2SO_4 ، (3) : $Na_2S_2O_3$
Ⓓ (1) : Na_3PO_4 ، (2) : HI ، (3) : Na_2SO_3

(١) من المخطط التالي:

محلول ملح ← محلول Na_2SO_4 ← راسب أبيض (A) + محلول قاعدي

محلول ملح ← غاز (X) ← راسب أسود (B) + محلول حامضي

فإن الراسب الأبيض (A) والراسب الأسود (B) والغاز (X) هم ....

(مصر أول ٢٣)

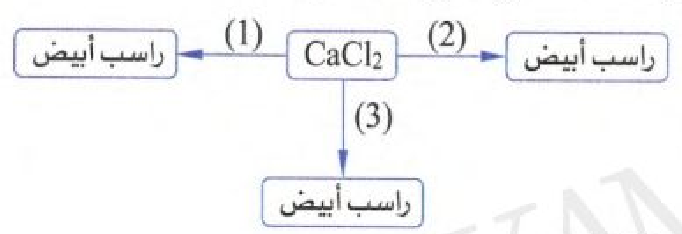
(أ) الراسب (A) : Ag_2SO_4 ، الراسب (B) : $AgCl$ ، الغاز (X) : HCl

(ب) الراسب (A) : $BaSO_4$ ، الراسب (B) : $BaCl_2$ ، الغاز (X) : HCl

(ج) الراسب (A) : $PbSO_4$ ، الراسب (B) : PbS ، الغاز (X) : H_2S

(د) الراسب (A) : $CuSO_4$ ، الراسب (B) : CuS ، الغاز (X) : H_2S

(٢) من المخطط التالي عند إجراء التفاعلات في الظروف المناسبة:



(مصر أول ٢٣)

فإن المركبات (1) ، (2) ، (3) تكون ....

(أ) (3) : Na_2SO_4 ، (2) : $NaHCO_3$ ، (1) : $Pb(NO_3)_2$

(ب) (3) : K_2SO_4 ، (2) : NH_4NO_3 ، (1) : Na_2SO_4

(ج) (3) : Na_2SO_4 ، (2) : $(NH_4)_2CO_3$ ، (1) : $AgNO_3$

(د) (3) : $KHCO_3$ ، (2) : K_2SO_4 ، (1) : $AgNO_3$

ثالثًا الأسئلة المقالية (يتم الإجابة عليها بورقة الإجابة المخصصة لها) "سؤال بدرجتين"

(٣) عند إمرار غاز كبريتيد الهيدروجين في محلول حمضي لأحد الأملاح يتكون راسب أسود،
وعند إضافة محلول كلوريد الباريوم إلى محلول نفس الملح يتكون راسب أبيض لا يذوب في حمض HCl المخفف
اكتب اسم الملح وصيغته الكيميائية؟

....

....

....

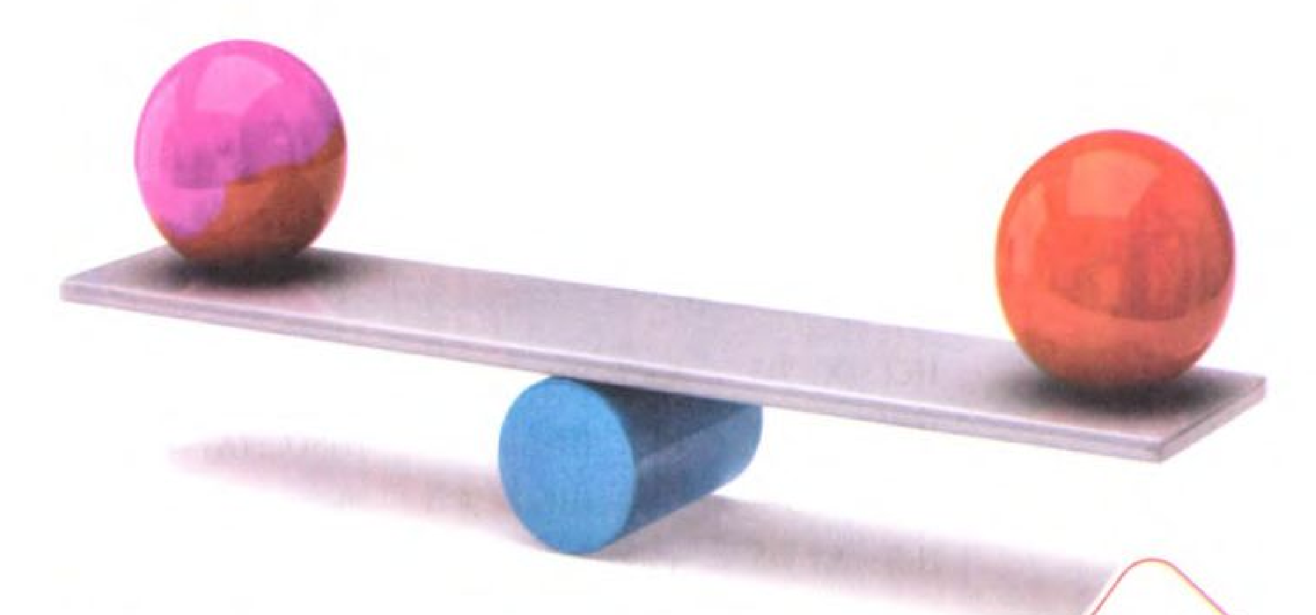
....

....

....

....

انتهت الأسئلة



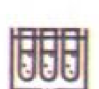
الباب الثالث
الاتزان الكيميائي

- الدرس 1 النظام المتزن ومعدل التفاعل الكيميائي
- الدرس 2 أثر طبيعة المواد المتفاعلة والتركيز
- الدرس 3 أثر درجة الحرارة والضغط والعوامل الحفازة والضوء
- الدرس 4 قاعدة لوشاتيلييه
- الدرس 5 المحاليل الإلكتروليتية
- الدرس 6 قانون أستفالد للتخفيف
- الدرس 7 تأين المـاء
- الدرس 8 التميؤ وحاصل الإذابة



مخرجات تعلم الباب الثالث

بعد دراسة هذا الباب يجب أن يكون الطالب قادرًا على أن:



(١) يتعرف النظام المتزن.

(٢) يقارن بين التفاعلات التامة والتفاعلات غير التامة.

(٣) يتعرف الاتزان الكيميائي في التفاعلات الانعكاسية.

(٤) يتعرف معدل التفاعل الكيميائي.

(٥) يقارن بين أنواع التفاعلات حسب معدل التفاعل الكيميائي.

(٦) يستنتج العوامل التي تؤثر في معدل التفاعل الكيميائي.

(٧) يستخدم قانون فعل الكتلة في حساب ثابت الاتزان لبعض التفاعلات الكيميائية.

(٨) يستنتج العوامل التي تؤثر على حالة الاتزان.



(٩) يطبق قاعدة لوشاتلييه على بعض التفاعلات المتزنة.

(١٠) يحسب ثابت الاتزان بدلالة التركيز.

(١١) يحسب ثابت الاتزان بدلالة الضغط الجزئي للغاز.

(١٢) يقارن بين أنواع المحاليل (إلكتروليتات – لاإلكتروليتات).

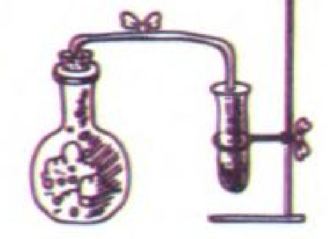
(١٣) يستنتج مفهوم الاتزان الأيوني في الإلكتروليتات الضعيفة.

(١٤) يستنتج الحاصل الأيوني للماء.

(١٥) يحدد مفهوم الأس الهيدروچيني "الرقم الهيدروچيني" ودلالته على المحاليل المائية.

(١٦) يشرح مفهوم التميؤ "التحلل المائي لبعض الأملاح".

(١٧) يستنتج حاصل الإذابة لملح.







١ الاتزان فى الأنظمة الفيزيائية

عند وضع كمية من الماء في إناء مغلق على موقد مُشتعل، فعند الوصول إلى درجة الغليان يحدث اتزان ديناميكي بين عمليتين متضادتين (متعاكستين) هما عمليتي التبخر والتكاثف، كالتالي :



في بداية التسخين تكون عملية **تبخير** الماء هي السائدة يصحبها زيادة في الضغط البخاري.

الضغط البخاري

ضغط بخار الماء الموجود في الهواء عند درجة حرارة معينة.

وتستمر عملية التبخير مع بدأ حدوث عملية **التكاثف** حتى يتساوى الضغط البخاري مع ضغط بخار الماء المشبع.

ضغط بخار الماء المُشبع

أقصى ضغط لبخار الماء يمكن أن يتواجد في الهواء عند درجة حرارة معينة.

عند تساوي عدد جزيئات الماء **المتبخرة** مع عدد جزيئات البخار **المتكاثفة** يحدث **اتزان ديناميكي** يتساوى فيها سرعة التبخير وسرعة التكثيف.

ويمثل على النحو التالي :

$$\text{ماء (سائل)} \underset{\text{تكاثف}}{\overset{\text{تبخير}}{\rightleftharpoons}} \text{ماء (بخار)}$$

مما سبق يمكن تعريف النظام المتزن كالتالي :

النظام المتزن

نظام ساكن على المستوى المرئي ونظام ديناميكي على المستوى غير المرئي.



وكما يحدث اتزان في الأنظمة الفيزيائية يحدث أيضًا اتزان في العديد من التفاعلات الكيميائية.

٢ الاتزان في الأنظمة الكيميائية

ويمكن تقسيم التفاعلات الكيميائية إلى **نوعين هما** :



أولًا التفاعلات التامة (غير الانعكاسية)

التفاعلات التامة

تفاعلات تسير في اتجاه واحد غالبًا (الاتجاه الطردي تقريبًا) حيث يصعب على المواد الناتجة التي تحتوي على غاز أو راسب أن تتحد مع بعضها مرة أخرى لتكوين المواد المتفاعلة في نفس ظروف إجراء التفاعل.

أمثلة :

① عند إضافة محلول كلوريد الصوديوم إلى محلول نترات الفضة نلاحظ تكون **راسب** أبيض من كلوريد الفضة.

$$NaCl_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \longrightarrow NaNO_{3(aq)} + AgCl_{(s)}$$ راسب أبيض

② إذا وضع شريط من الماغنسيوم في محلول حمض الهيدروكلوريك يتصاعد **غاز** الهيدروچين.

$$Mg_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow MgCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$$ غاز الهيدروچين

- في التفاعل الأول ترسب كلوريد الفضة (خرج من حيز التفاعل)
- وفي التفاعل الثاني تصاعد الهيدروچين (خرج من حيز التفاعل)

③ تعادل الأحماض القوية مثل HCl مع القواعد القوية مثل NaOH لتكوين محلول ملح NaCl وماء.

$$HCl_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(\ell)}$$

ثانيًا التفاعلات الانعكاسية (غير التامة)

التفاعلات الانعكاسية

تفاعلات تسير في الاتجاهين الطردي والعكسي معًا وتكون المواد المتفاعلة والمواد الناتجة من التفاعل موجودة باستمرار في حيز التفاعل.

مثال : عند تفاعل مول من حمض الأسيتيك (الخليك) مع مول من الكحول الإيثيلي (الإيثانول)

فإن المتوقع من معادلة التفاعل الآتية تكون مول من الإستر أسيتات (خلات) الإيثيل ومول من الماء.

$$CH_3COOH_{(\ell)} + C_2H_5OH_{(\ell)} \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_{5(aq)} + H_2O_{(\ell)}$$

حمض أسيتيك (خليك) — كحول إيثيلي (إيثانول) — استر أسيتات (خلات) الإيثيل — ماء

- ولكن إذا اختبرنا محلول تفاعل الأسترة بورقة عباد الشمس زرقاء نجدها تحمر رغم أن المواد الناتجة من التفاعل متعادلة التأثير على عباد الشمس.
- التفاعل السابق ليس من التفاعلات التامة التي تسير في اتجاه تكوين النواتج فقط، ويعتبر من التفاعلات المنعكسة التي تسير في كلا الاتجاهين الطردي والعكسي.



الاتجاه الطردي: $CH_3COOH_{(\ell)} + C_2H_5OH_{(\ell)} \longrightarrow CH_3COOC_2H_{5\,(aq)} + H_2O_{(\ell)}$

الاتجاه العكسي: $CH_3COOC_2H_{5\,(aq)} + H_2O_{(\ell)} \longrightarrow CH_3COOH_{(aq)} + C_2H_5OH_{(aq)}$

– وبالتالي فإن المواد المتفاعلة والمواد الناتجة من التفاعل تكون موجودة باستمرار في حيز التفاعل عند الإتزان، وهذا يفسر سبب حموضة خليط التفاعل لوجود حمض الخليك.



- التعادل بين حمض قوي وقلوي قوي تفاعل تام رغم عدم تصاعد غاز أو تكوين راسب.

مثال: $NaOH_{(aq)} + HCl_{(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(\ell)}$

- تفاعل الغازات التي تتم في إناء مغلق وينتج عنها غازات تفاعل انعكاسي رغم تكون غازات.

مثال: $H_2O_{(v)} + CO_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + CO_{2(g)}$ (في إناء مغلق)



أيًا من التفاعلات الآتية تام؟ .... (مصر أول ٢١)

ⓐ $CH_3COOH_{(\ell)} + H_2O_{(\ell)} = CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$

ⓑ $HCOOH_{(aq)} + CH_3OH_{(aq)} = HCOOCH_{3(aq)} + H_2O_{(\ell)}$

ⓒ $NaOH_{(aq)} + HCl_{(aq)} = NaCl_{(aq)} + H_2O_{(\ell)}$

ⓓ $2NO_{2(g)} = N_2O_{4(g)}$ (إناء مغلق)

الاتزان الكيميائي في التفاعلات الإنعكاسية

نظام ديناميكي يحدث عندما يتساوى معدل التفاعل الطردي مع معدل التفاعل العكسي وتثبت تركيزات المتفاعلات والنواتج ويظل الاتزان قائمًا طالمًا كانت جميع المواد المتفاعلة والناتجة موجودة في وسط التفاعل (لم يتصاعد غاز ولم يتكون راسب) وما دامت ظروف التفاعل مثل درجة الحرارة أو الضغط ثابتة.



- يصل التفاعل إلى حالة الاتزان عندما يصبح (معدل التفاعل الطردى = معدل التفاعل العكسي).
- الوصول إلى حالة الاتزان لا يعنى توقف التفاعل ولكن يستمر في كلا الاتجاهين الطردى والعكسي بنفس السرعة.
- الخروج من حيز التفاعل تعني عدم القدرة على التفاعل ولا تعني بالضرورة الخروج من إناء التفاعل.



أي العبارات الآتية يعبر عن تفاعل كيميائي في حالة اتزان؟ .... (تجريبي ٢١)

ⓐ سرعة التفاعل الطردي دائمًا أكبر من سرعة التفاعل العكسي.

ⓑ تركيز النواتج والمتفاعلات يكون متساوي دائمًا.

ⓒ التفاعل ساكن دائمًا وليس متحرك.

ⓓ تركيز النواتج والمتفاعلات يكون دائمًا ثابت.

معدل التفاعل الكيميائي

معدل (سرعة) التفاعل الكيميائي

مقدار التغير في تركيز المواد المتفاعلة في وحدة الزمن.

ملاحظات

- وحدة قياس تركيز المحلول **(mol/L)**.
- وحدة قياس الزمن **(الثانية)** أو **(الدقيقة)**.

التفاعلات التامة	التفاعلات الإنعكاسية
يقل تركيز المواد المتفاعلة إلى أن تستهلك تقريبًا ويزداد تركيز المواد الناتجة من التفاعل. شكل (١)	يقل تركيز المواد المتفاعلة ويزداد تركيز المواد الناتجة إلى أن يصلا إلى حالة الاتزان. شكل (٢)، شكل (٣)، شكل (٤)
$Mg_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow MgCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$	$CH_3COOH_{(\ell)} + C_2H_5OH_{(\ell)} \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_{5(aq)} + H_2O_{(\ell)}$

شكل (١)	شكل (٢)	شكل (٣)	شكل (٤)
التركيز / النواتج / المتفاعلات / الزمن	التركيز / المتفاعلات / النواتج / الزمن	التركيز / المتفاعلات / النواتج / الزمن	التركيز / النواتج / المتفاعلات / الزمن
تفاعل تام تركيز المتفاعلات أقل ما يمكن وتركيز النواتج أكبر ما يمكن	تفاعل إنعكاسي متزن تركيز النواتج = تركيز المتفاعلات	تفاعل إنعكاسي متزن تركيز النواتج < تركيز المتفاعلات	تفاعل إنعكاسي متزن تركيز النواتج > تركيز المتفاعلات
	عند الاتزان : معدل التفاعل الطردي = معدل التفاعل العكسي		

التفاعلات الكيميائية حسب معدل (سرعة) التفاعل

- تفاعلات سريعة جدًا
- تفاعلات سريعة نسبيًا
- تفاعلات بطيئة نسبيًا
- تفاعلات بطيئة جدًا

أنواع التفاعلات الكيميائية حسب معدل (سرعة) التفاعل

① تفاعلات سريعة جدًا : تفاعلات تنتهي نسبيًا في وقت قصير جدًا (في لحظات أو ثواني قليلة).

مثل : تفاعل محلول نترات الفضة مع محلول كلوريد الصوديوم حيث ينتج راسب أبيض شحيح الذوبان من كلوريد الفضة بمجرد خلط المواد المتفاعلة.

② تفاعلات سريعة نسبيًا : تفاعلات تنتهي نسبيًا في وقت قصير (في دقائق قليلة).

مثل : تفاعل قطعة ماغنسيوم مع حمض الهيدروكلوريك المخفف ليتكون محلول كلوريد الماغنسيوم وغاز الهيدروچين.

③ تفاعلات بطيئة نسبيًا : تفاعلات تنتهي في وقت أطول نسبيًا.

مثل : تفاعل الزيوت النباتية مع الصودا الكاوية لتكوين الصابون والجلسرين.

④ تفاعلات بطيئة جدًا : تفاعلات يتطلب حدوثها شهورًا عديدة.

مثل : تفاعل تكوين صدأ الحديد.

الدرس 2 أثر طبيعة المواد المتفاعلة والتركيز

العوامل التي تؤثر على معدل (سرعة) التفاعل الكيميائي

- طبيعة المواد المتفاعلة
- تركيز المواد المتفاعلة
- درجة حرارة التفاعل
- الضغط
- العوامل الحفازة
- الضوء

١ طبيعة المواد المتفاعلة

يقصد بطبيعة المواد المتفاعلة عاملان مهمان هما :

أ) نوع الترابط في المواد المتفاعلة
ب) مساحة السطح المعرض للتفاعل

أ) نوع الترابط في المواد المتفاعلة

(١) **عندما تكون المواد المتفاعلة أيونية** تكون التفاعلات لحظية وسريعة جدًا ... علل؟

لأن التفاعل يتم بين الأيونات حيث إن أيونات المواد المتفاعلة تتفاعل بسرعة بمجرد خلطها.

مثال : تفاعل محلول كلوريد الصوديوم مع محلول نترات الفضة.

(٢) **عندما تكون المواد المتفاعلة تساهمية** تكون التفاعلات بطيئة عادة ... علل؟

لأن التفاعل يتم بين الجزيئات.

مثال : **معظم التفاعلات العضوية** مثل : تفاعل الأسترة بين حمض الخليك (الأسيتيك) والكحول الإيثيلي (الإيثانول).

ب) مساحة السطح المعرض للتفاعل

كلما زادت مساحة السطح المعرض للتفاعل بين المواد المتفاعلة (درجة التجزئة) زادت سرعة التفاعل.

تجربة توضح أثر مساحة سطح المتفاعلات على سرعة التفاعل الكيميائي

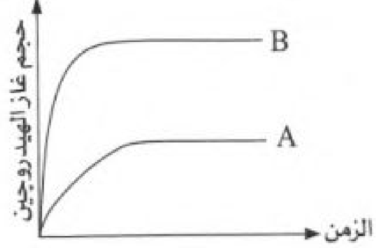
الخطوات : (١) ضع كتلتين متساويتين من الخارصين في أنبوبتي اختبار، إحداهما على هيئة مسحوق والأخرى كتلة واحدة.
(٢) أضف إلى كل منهما نفس الحجم من حمض الهيدروكلوريك المخفف.

المشاهدة : التفاعل في حالة المسحوق ينتهي في وقت أقل من التفاعل في حالة الكتلة الواحدة.

الاستنتاج : كلما زادت مساحة سطح المتفاعلات المعرض للتفاعل، كلما كان معدل التفاعل أسرع.

شغل دماغك ٣

في الشكل المقابل: إذا كان المنحنى (A) يعبر عن تفاعل 10 g من الماغنسيوم مع كمية كافية من حمض الهيدروكلوريك لتكوين غاز الهيدروجين فإن المنحنى (B) يعبر عن تفاعل كمية كافية من حمض الهيدروكلوريك مع ....



(أ) 10 g من قطع الماغنسيوم.
(ب) 5 g من قطع الماغنسيوم.
(ج) 10 g من مسحوق الماغنسيوم.
(د) 20 g من مسحوق الماغنسيوم.

٢ تركيز المواد المتفاعلة

كلما زاد عدد الجزيئات المتفاعلة (أي كلما زاد التركيز) زادت فرص التصادم وزادت سرعة التفاعل الكيميائي.



• يزداد معدل التفاعل بزيادة تركيز المتفاعلات ...علل؟
لزيادة فرص التصادم بين الجزيئات.

وقد أوجد العالمان النرويجيان **جولدبرج Guldberg**، وفاج **Waage** القانون الذي يعبر عن العلاقة بين سرعة التفاعل الكيميائي وتركيز المواد المتفاعلة، وهو ما يعرف بقانون فعل الكتلة.

قانون فعل الكتلة

يتناول هذا القانون تأثير التركيز على معدل التفاعل.

قانون فعل الكتلة

عند ثبوت درجة الحرارة تتناسب سرعة التفاعل الكيميائي تناسبًا طرديًا مع حاصل ضرب التركيزات الجزيئية لمواد التفاعل (كُل مرفوع لأس يساوي عدد مولات الجزيئات أو الأيونات في معادلة التفاعل موزونة).

تجربة توضح قانون فعل الكتلة (تأثير التركيز على معدل التفاعل الكيميائي)

الخطوات :

(١) أضف محلول كلوريد الحديد III (أصفر باهت) تدريجيًا إلى محلول ثيوسيانات الأمونيوم (**عديم اللون**).

(٢) أضف المزيد من محلول كلوريد الحديد III

المشاهدة :

(١) يتلون المحلول باللون الأحمر الدموي.

(٢) يزداد لون المحلول احمرارًا.

الاستنتاج : عند زيادة التركيز الجزيئي لمحلول كلوريد الحديد III ينشط التفاعل في اتجاه تكوين ثيوسيانات الحديد III (أي يزداد معدل التفاعل الطردي)

$$FeCl_{3(aq)} + 3NH_4SCN_{(aq)} \rightleftharpoons Fe(SCN)_{3(aq)} + 3NH_4Cl_{(aq)}$$

كلوريد الحديد III	ثيوسيانات أمونيوم	ثيوسيانات الحديد III	كلوريد الأمونيوم
(أصفر باهت)	(عديم اللون)	(أحمر دموي)	(عديم اللون)

استنتاج قانون ثابت الاتزان K_c

عندما يتساوى معدل التفاعل العكسي (r_2) مع معدل التفاعل الطردي (r_1) في التفاعل السابق فإن التفاعل يكون قد وصل إلى حالة الاتزان، ويعبر عن كلا المعدلين للتفاعل بما يأتي :

$$\because r_1 \propto [FeCl_3][NH_4SCN]^3 \quad \Rightarrow \quad \therefore r_1 = k_1 [FeCl_3][NH_4SCN]^3$$

$$\because r_2 \propto [Fe(SCN)_3][NH_4Cl]^3 \quad \Rightarrow \quad \therefore r_2 = k_2 [Fe(SCN)_3][NH_4Cl]^3$$



• الأقواس المستطيلة [ ] تدل على التركيزات بوحدة **(mol/L)**

• (k_1) ثابت معدل التفاعل الطردي ، (k_2) ثابت معدل التفاعل العكسي.



عند الاتزان يتساوى معدل التفاعل الطردي (r_1) مع معدل التفاعل العكسي (r_2)

$$r_1 = r_2$$

$$k_1\,[FeCl_3]\,[NH_4SCN]^3 = k_2\,[Fe(SCN)_3]\,[NH_4Cl]^3$$

$$\therefore\ \frac{k_1}{k_2} = K_c = \frac{[Fe(SCN)_3]\,[NH_4Cl]^3}{[FeCl_3]\,[NH_4SCN]^3}$$

خارج قسمة $\frac{k_1}{k_2}$ مقدار ثابت يرمز له بالرمز K_c ويعرف بثابت الاتزان لهذا التفاعل.



① القيم الصغيرة لثابت الاتزان **($K_c < 1$)** .. تعني أن حاصل ضرب تركيز النواتج (في البسط) **أقل من** حاصل ضرب تركيز المواد المتفاعلة (في المقام) "كل مرفوع لأس يساوي عدد مولاته" مما يعني أن التفاعل لا يسير بشكل جيد نحو تكوين النواتج وأن التفاعل العكسي هو السائد (له دور فعال أو الأسهل حدوثًا). **شكل (٣-٣)**

مثال : ذوبانية كلوريد الفضة في الماء.
$$AgCl_{(s)} \rightleftharpoons Ag^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}\ ,\ K_c = 1.7\times10^{-10}$$

القيمة الصغيرة لثابت الاتزان K_c للتفاعل السابق **تدل على أن** كلوريد الفضة شحيح الذوبان في الماء.

② القيم الكبيرة لثابت الاتزان **($K_c > 1$)** .. تعني أن حاصل ضرب تركيز النواتج (في البسط) **أكبر من** حاصل ضرب تركيز المواد المتفاعلة (في المقام) "كُل مرفوع لأس يساوي عدد مولاته" مما يعني أن التفاعل لا يسير بشكل جيد نحو تكوين المتفاعلات وأن التفاعل الطردي هو السائد (له دور فعال أو الأسهل حدوثًا). **شكل (٣-٤)**

مثال : تفاعل الكلور مع الهيدروجين.
$$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2HCl_{(g)}\ ,\ K_c = 4.4\times10^{32}$$

القيمة الكبيرة لثابت الاتزان K_c للتفاعل السابق **تدل على** صعوبة انحلال كلوريد الهيدروجين إلى عنصريه.

③ لا يكتب تركيز الماء النقي كمذيب أو المواد الصلبة أو الرواسب في معادلة حساب ثابت الاتزان ... **علل؟**

لأنها تركيزات ثابتة بوجه عام مهما اختلفت كميتها لأن قيمتها لا تتغير بدرجة ملموسة ومقدار ما يتفكك منها مقدار ضئيل جدًا.

④ القيمة العددية لثابت الاتزان K_c لا تتغير بتغير تركيز المواد المتفاعلة أو الناتجة عند **نفس درجة الحرارة**.



من التفاعل التالي:
$$Cu_{(s)} + 2Ag^+_{(aq)} \rightleftharpoons Cu^{2+}_{(aq)} + 2Ag_{(s)}\ ,\ K_c = 2\times10^{15}$$

أي من العبارات التالية صحيح؟ ....

Ⓐ تركيز أيونات النحاس صغير جدًا.

Ⓑ كتلة فلز النحاس كبيرة.

Ⓒ التفاعل يسير بشكل جيد في اتجاه استهلاك فلز الفضة.

Ⓓ التفاعل يسير بشكل جيد في اتجاه استهلاك أيونات الفضة.



اكتب معادلة ثابت الاتزان للتفاعلات التالية :

① $CuO_{(s)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons Cu_{(s)} + H_2O_{(v)}$

② $CaF_{2(s)} \rightleftharpoons Ca^{2+}_{(aq)} + 2F^-_{(aq)}$

③ $CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)}$

الإجابة

① $K_c = \frac{[H_2O]}{[H_2]}$

② $K_c = [Ca^{2+}][F^-]^2$

③ $K_c = \frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]}$



اكتب المعادلات الكيميائية التي تعبر عنها معادلات ثابت الاتزان التالية :

① $K_c = \frac{[Cl_2]^2 [H_2O]^2}{[HCl]^4 [O_2]}$

② $K_c = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$

الإجابة

① $4HCl_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2Cl_{2(g)} + 2H_2O_{(v)}$

② $NH_{3(g)} + H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$



احسب ثابت الاتزان للتفاعل التالي : $I_{2(v)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$

إذا علمت أنه عند الاتزان كانت تركيزات كل من :

اليود 0.221 mol/L ، والهيدروجين 0.221 mol/L ، ويوديد الهيدروجين 1.563 mol/L

الإجابة

$$K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = \frac{(1.563)^2}{0.221 \times 0.221} = 50$$





مثال ٤

احسب تركيز ثاني أكسيد النيتروجين NO_2 في التفاعل التالي:

$N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$, $K_c = 4.8\times10^{-5}$

علمًا بأن: تركيز $[N_2O_4]$ = 0.213 mol/L

الإجابة

$$K_c = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}$$

$$4.8\times10^{-5} = \frac{[NO_2]^2}{0.213}$$

$$[NO_2]^2 = (4.8\times10^{-5})\times(0.213) = 1.0224\times10^{-5}$$

$$[NO_2] = \sqrt{1.0224\times10^{-5}} = 3.2\times10^{-3}\ mol/L$$

مثال ٥

احسب قيمة ثابت معدل التفاعل العكسي للتفاعل التالي:

$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$

علمًا بأن : تركيز $[N_2]$ = 0.025 mol/L ، وتركيز $[H_2]$ = 0.2 mol/L ، وتركيز $[NH_3]$ = 0.4 mol/L

وثابت معدل التفاعل الطردي = 40

الإجابة

$$K_c = \frac{K_1}{K_2} = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$$

$$\frac{40}{K_2} = \frac{0.4^2}{0.025\times0.2^3}$$

$$K_2 = \frac{40\times0.025\times0.2^3}{0.4^2} = 0.05$$

مثال ٦

احسب ثابت اتزان للتفاعل التالي:

$N_{2(g)} + 2O_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$

علمًا بأن: عدد مولات كل من النيتروجين ، والأكسجين ، وثاني أكسيد النيتروجين عند الاتزان على الترتيب تساوي: (0.04 mol ، 0.16 mol ، 0.8 mol) وحجم إناء التفاعل 0.5 L

الإجابة

∵ التركيز = $\frac{\text{عدد المولات}}{\text{حجم المحلول (L)}}$ ، فيكون تركيز كل من :

$$[N_2] = \frac{0.04}{0.5} = 0.08\ mol/L \qquad [O_2] = \frac{0.16}{0.5} = 0.32\ mol/L \qquad [NO_2] = \frac{0.8}{0.5} = 1.6\ mol/L$$

$$K_c = \frac{[NO_2]^2}{[N_2][O_2]^2} = \frac{1.6^2}{0.08\times0.32^2} = 312.5$$



في التفاعل المتزن التالي: $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$, $K_c = 8$

عند ثبوت درجة الحرارة احتفظ مخلوط التفاعل بحالة الاتزان في إناء 2L وكان عدد مولات كل من SO_2 ، SO_3 متساوية ، احسب عدد مولات غاز الأكسجين الموجودة فى مخلوط التفاعل عند الاتزان.

الإجابة

$$K_c = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2\ [O_2]}$$

$$8 = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2\ [O_2]}$$

$$8 = \frac{1}{[O_2]}$$

$[O_2]$ تركيز = $\frac{\text{عدد المولات}}{\text{حجم المحلول (L)}}$ = $\frac{1}{8}$

$\frac{\text{عدد المولات}}{2} = \frac{1}{8}$

عدد المولات = $\frac{2}{8}$ = 0.25 mol



في التفاعل المتزن التالي: $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$, $K_c = 200$

احسب حجم إناء التفاعل عند الاتزان إذا علمت أن:

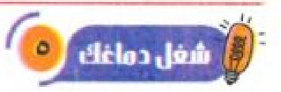
تركيز غاز $[H_2]$ = 0.2 M ، وتركيز غاز $[NH_3]$ = 0.4 M ، وعدد مولات غاز النيتروجين = 0.2 mol

الإجابة

$$K_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2]\ [H_2]^3}$$

$$[N_2] = \frac{[NH_3]^2}{K_c \times [H_2]^3} = \frac{(0.4)^2}{(200)\times(0.2)^3} = 0.1\ M$$

حجم المحلول (L) = $\frac{\text{عدد المولات}}{\text{تركيز المحلول (M)}}$ = $\frac{0.2}{0.1}$ = 2 L



عند تحضير غاز النشادر من عناصره الأولية عند درجة حرارة معينة، وجد عند الاتزان أن:

$[N_2] = 0.5\ M$, $[H_2] = 0.7\ M$, $K_c = 3.7\times10^{-4}$

(تجريبي ٢١)

فإن $[NH_3]$ = ...

(أ) 63.36×10^{-6} M

(ب) 7.8×10^{-4} M

(ج) 7.96×10^{-3} M

(د) 3.9×10^{-2} M





مثال ٩

هل التفاعل التالي في حالة اتزان أم لا ؟ $I_{2(v)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$, $K_c = 50$ at 448°C

حيث أن تركيزات كل من اليود والهيدروچين ويوديد الهيدروچين بوحدة (mol/L) عند الاتزان على الترتيب تساوي:

2×10^{-3} ، 2.5×10^{-5} ، 5×10^{-3}

الإجابة

التفاعل غير متزن لأن قيمة ثابت الاتزان الجديدة لا تساوي قيمة ثابت الاتزان الموجودة بالمسألة عند نفس درجة الحرارة.

$$K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2]\,[I_2]} = \frac{(5\times10^{-3})^2}{(2.5\times10^{-5})\times(2\times10^{-3})} = 500$$

مثال ١٠

في التفاعل التالي : $N_{2(g)} + 2O_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$

أمكن الحصول على البيانات الموضحة بالجدول مقدرة بوحدة mol/L من عدة تجارب عند درجة حرارة معينة ،
هل النتائج تحقق قانون فعل الكتلة أم لا ؟ ولماذا ؟

التجربة	$[N_2]$	$[O_2]$	$[NO_2]$
①	0.3	0.4	0.2
②	7.5	0.28	0.7
③	4.8	0.9	1.8

الإجابة

$$K_{c1} = \frac{[NO_2]^2}{[N_2]\,[O_2]^2} = \frac{(0.2)^2}{(0.3)\times(0.4)^2} = 0.833$$

$$K_{c2} = \frac{[NO_2]^2}{[N_2]\,[O_2]^2} = \frac{(0.7)^2}{(7.5)\times(0.28)^2} = 0.833$$

$$K_{c3} = \frac{[NO_2]^2}{[N_2]\,[O_2]^2} = \frac{(1.8)^2}{(4.8)\times(0.9)^2} = 0.833$$

النتائج **تحقق** قانون فعل الكتلة لأن قيمة ثابت الاتزان ثابتة في التجارب الثلاثة.

مثال ١١

خُلط مول من اليود مع مول من الهيدروچين في إناء حجمه 2 L عند درجة حرارة معينة
فإذا علمت أن كمية كل من اليود والهيدروچين المتبقية عند الاتزان 0.2 mol ، احسب قيمة ثابت الاتزان K_c

الإجابة

	$H_{2(g)}$ +	$I_{2(v)}$ ⇌	$2HI_{(g)}$
عدد المولات الابتدائية قبل التفاعل	1	1	0
التغير الحادث في عدد المولات	– 0.8	– 0.8	+ 2×0.8
عدد المولات النهائية عند الاتزان	0.2	0.2	1.6
التركيز عند الاتزان = $\frac{\text{عدد المولات}}{\text{الحجم (L)}}$	$\frac{0.2}{2} = 0.1$	$\frac{0.2}{2} = 0.1$	$\frac{1.6}{2} = 0.8$

$$K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2]\,[I_2]} = \frac{(0.8)^2}{0.1\times0.1} = 64$$



في التفاعل المتزن التالي : $3A + 2B \rightleftharpoons 2C + D$

إذا كان تركيز [A] ، [B] قبل بداية التفاعل 2 mol/L ، 1.5 mol/L على الترتيب وعند لحظة الاتزان كان تركيز المادة [D] 0.3 mol/L ، احسب ثابت الاتزان.

الإجابة

	3A	+ 2B ⇌	2C +	D
التركيزات الابتدائية قبل التفاعل	1.5	2	0	0
التغير الحادث في التركيزات	– 3×0.3	– 2×0.3	+ 2×0.3	+ 0.3
التركيزات النهائية عند الإتزان	0.6	1.4	0.6	0.3

$$K_c = \frac{[C]^2\ [D]}{[A]^3\ [B]^2} = \frac{(0.6)^2 \times (0.3)}{(0.6)^3 \times (1.4)^2} = 0.2551$$

مثال ١٣

في التفاعل المتزن التالي : $N_2H_{4(g)} \rightleftharpoons N_{2(g)} + 2H_{2(g)}$

أدخل 0.4 mol من الهيدرازين N_2H_4 في وعاء سعته 0.2 L وسخن حتى تفكك 5 % منه ، احسب ثابت الاتزان.

الإجابة

التغير الحادث في عدد مولات الهيدرازين (المتفككة) = $0.4 \times \frac{5}{100} = 0.02$ mol

	$N_2H_{4(g)} \rightleftharpoons$	$N_{2(g)}$ +	$2H_{2(g)}$
عدد المولات الابتدائية قبل التفاعل	0.4	0	0
التغير الحادث في عدد المولات	– 0.02	+ 0.02	+ 2×0.02
عدد المولات النهائية عند الاتزان	0.38	0.02	0.04
التركيز عند الاتزان = $\frac{\text{عدد المولات}}{\text{الحجم (L)}}$	$\frac{0.38}{0.2} = 1.9$	$\frac{0.02}{0.2} = 0.1$	$\frac{0.04}{0.2} = 0.2$

$$K_c = \frac{[N_2]\ [H_2]^2}{[N_2H_4]} = \frac{(0.1) \times (0.2)^2}{(1.9)} = 2.1 \times 10^{-3}$$



يُمكِن إنتاج الأمونيا عن طريق تفاعل غازَي الهيدروچين والنيتروچين، المُمثَّل بالمعادلة الآتية:

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

وُضِعَ 5 mol من غاز النيتروچين، 5 mol من غاز الهيدروچين في وعاء مُغلَق حجمه 20 L عند 500°K عند الاتزان، يتحوَّل 0.25 mol فقط من النيتروچين إلى أمونيا، ما قيمة K_c عند نفس درجة الحرارة؟ ....

(أ) 0.274　(ب) 6.86×10^{-4}　(جـ) 1.48×10^{3}　(د) 3.65



قوانين مهمة لحساب ثابت الاتزان

العلاقة	القانون
① عند عكس معادلة التفاعل فإن ثابت الاتزان للتفاعل الناتج يساوي مقلوب ثابت الاتزان للتفاعل الأصلي.	$K_2 = \frac{1}{K_1}$
② عند ضرب معادلة التفاعل في (n) فإن ثابت الاتزان للتفاعل الناتج يساوي ثابت الاتزان للتفاعل الأصلي مرفوع لأس (n)	$K_2 = (K_1)^n$
③ عند جمع معادلتي تفاعل للحصول على معادلة واحدة فإن ثابت الاتزان للتفاعل الناتج يساوي حاصل ضرب ثابتي الاتزان للتفاعلين.	$K_3 = K_1 \times K_2$
④ عند طرح معادلتي تفاعل للحصول على معادلة واحدة فإن ثابت الاتزان للتفاعل الناتج يساوي قسمة ثابتي الاتزان للتفاعلين.	$K_3 = \frac{K_1}{K_2}$



في التفاعل المتزن التالي:

$PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons PCl_{5(g)}$, $K_{c1} = 0.013$

فإن قيمة K_{c2} للتفاعل التالي:

$PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$, $K_{c2} = ?$

تساوي .... (تجريبي ٢١)

Ⓐ 76.92
Ⓑ 67.29
Ⓒ 61.79
Ⓓ 82.6



إذا كانت قيمة ثابت الاتزان للتفاعل: $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2HCl_{(g)}$, $K_c = 4.4\times10^{32}$

فإن قيمة K_c في التفاعل التالي $\frac{1}{2}H_{2(g)} + \frac{1}{2}Cl_{2(g)} \rightleftharpoons HCl_{(g)}$

تساوي .... (مصر ثان ٢١)

Ⓐ 2.2×10^{32}
Ⓑ 4.4×10^{32}
Ⓒ 2.1×10^{16}
Ⓓ 1.1×10^{16}

شغل دماغك ٩

من التفاعلين التاليين:

$2Fe_{(s)} + 2CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2FeO_{(s)} + 2CO_{(g)}$ $\quad K_c = 1.47$

$Fe_{(s)} + H_2O_{(v)} \rightleftharpoons FeO_{(s)} + H_{2(g)}$ $\quad K_c = 2.38$

ما قيمة ثابت الاتزان للتفاعل التالي عند نفس الظروف؟ ....

$2CO_{2(g)} + 2H_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)} + 2H_2O_{(v)}$ $\quad K_c = ?$

Ⓐ 0.177
Ⓑ 5.664
Ⓒ 0.26
Ⓓ 0.617



الدرس 3 أثر درجة الحرارة والضغط والعوامل الحفازة والضوء

٣ تأثير درجة الحرارة

تفسير تأثير درجة الحرارة

يمكن تفسير تأثير درجة الحرارة على سرعة التفاعل الكيميائي في ضوء نظرية التصادم التي تفترض أنه يشترط لحدوث التفاعل الكيميائي أن تصطدم جزيئات المواد المتفاعلة **بحيث تكون :**

- الجزيئات المتصادمة ذات السرعات العالية جدًا فقط هي التي تتفاعل ... علل؟

لأن طاقتها الحركية العالية تمكنها من كسر الروابط بين الجزيئات فيحدث التفاعل الكيميائي.

أي أن :زيادة درجة الحرارة تؤدي إلى زيادة طاقة حركة الجزيئات فيزداد عدد التصادمات بين الجزيئات فتزداد سرعة التفاعل.

طاقة التنشيط

الحد الأدنى من الطاقة الحركية التي يجب أن يمتلكها الجزيء لكي يتفاعل عند الاصطدام.

الجزيئات المُنشطة

الجزيئات ذات الطاقة الحركية المساوية لطاقة التنشيط أو تفوقها.



- نستنتج من هذه النظرية أن **زيادة درجة الحرارة** يزيد نسبة الجزيئات المنشطة وبالتالي **يزيد معدل التفاعل الكيميائي.**
- قد وجد أن كثيرًا من التفاعلات الكيميائية **تتضاعف سرعتها** تقريبًا إذا ارتفعت درجة الحرارة بمقدار **10 درجات مئوية.**

تجربة لإيضاح تأثير درجة الحرارة على سرعة تفاعل متزن



مخلوط مبرد
(عديم اللون)



درجة حرارة الغرفة
25°C

NO_2
ماء ساخن
(بني محمر)

الخطوات :

١) ضع دورق زجاجي يحتوي على غاز ثاني أكسيد النيتروچين (لونه بني محمر) في إناء به مخلوط مبرد.

٢) اخرج الدورق من المخلوط المبرد، واتركه لتعود درجة حرارته إلى درجة حرارة الغرفة (25°C)

٣) ضع الدورق في إناء به ماء ساخن.

المشاهدة :

١) تقل درجة اللون تدريجيًا حتى يزول اللون البني المحمر.

٢) يبدأ اللون البني المحمر في الظهور ولا يلبث أن يعود إلى ما كان عليه.

٣) تزداد درجة اللون البني المحمر.



الاستنتاج :

$$2NO_{2(g)} \underset{Heat}{\overset{Cool}{\rightleftharpoons}} N_2O_{4(g)} + Heat$$

بني محمر — عديم اللون

إزاحة (امتصاص) الحرارة من تفاعل متزن طارد للحرارة ينتج عنها سير التفاعل في الاتجاه الطردي الذي ينتج فيه حرارة.



تذكران

وجه المقارنة	التفاعل الطارد للحرارة	التفاعل الماص للحرارة
إشارة ΔH	سالبة (–)	موجبة (+)
الحرارة Heat (Energy)	تنطلق في النواتج (يمين السهم)	تمتص في المتفاعلات (يسار السهم)



(١) **في التفاعل الطارد للحرارة** : يسير التفاعل في الاتجاه الطردي بالتبريد وفي الاتجاه العكسي بالتسخين.

(٢) **في التفاعل الماص للحرارة** : يسير التفاعل في الاتجاه الطردي بالتسخين وفي الاتجاه العكسي بالتبريد.

(٣) **معدل التفاعل الكيميائي** يتناسب طرديًا مع كلًا من :

مساحة السطح المعرض للتفاعل **و** تركيز المواد المتفاعلة **و** درجة حرارة التفاعل.

علل ...؟

(١) بالرغم من أن تحضير النشادر من عنصريه تفاعل طارد للحرارة إلا أن التفاعل لا يتم إلا بالتسخين.

للحصول على طاقة التنشيط اللازمة لكسر الروابط بين ذرات الجزيئات المتفاعلة.

(٢) فساد الأطعمة بسرعة صيفًا إذا لم توضع في الثلاجة.

لأن ارتفاع درجة الحرارة يساعد على زيادة سرعة تفاعلات التحلل للأطعمة التي تؤدي إلى فسادها سريعًا.

(٣) تستخدم أواني الضغط (البرستو) لطهي الطعام في وقت قصير.

لاستخدامها في الحصول على درجات حرارة عالية في وقت قصير مما يزيد من سرعة التفاعلات اللازمة لعملية الطهي.

(٤) من الخطأ تسخين اسطوانة البوتاجاز للإسراع من خروج الغاز.

لأن الحرارة تزيد من سرعة تبخير الغاز فيزيد الضغط إلى حد لا يتحمله جدار الأسطوانة مما يؤدي إلى انفجارها.



في التفاعل المتزن التالي: $2NO_{2(g)} \rightleftharpoons N_2O_{4(g)} + Heat$ ،

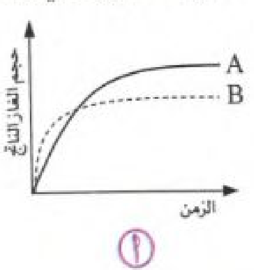
تتغير قيمة ثابت الاتزان لهذا التفاعل بتغير .... (مصر أول ٢١)

(أ) الضغط والعامل الحفاز. (ب) درجة الحرارة فقط. (ج) التركيز والعامل الحفاز. (د) الضغط فقط.

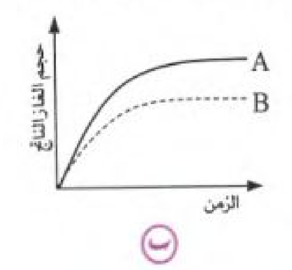


عند إضافة قطرات من حمض الهيدروكلوريك إلى الماغنسيوم، فتصاعد غاز الهيدروجين طبقًا للمنحنى (A)

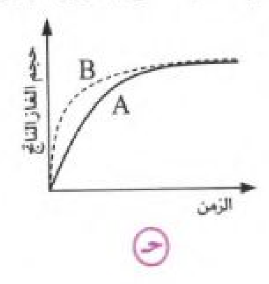
وعند زيادة درجة الحرارة فأي المنحنيات (B) تعتبر صحيحة لحجم الغاز الناتج بمرور الزمن؟ ....



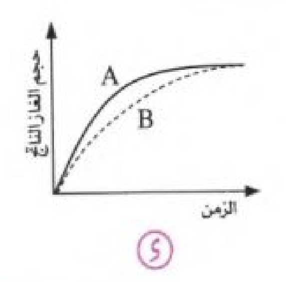
(أ)



(ب)



(ج)



(د)

٤ تأثير الضغط



- تركيز المواد في المحاليل يعبر عنها عادة بالمولارية، ويعبر عنها بوضع المادة بين قوسين مربعين [ ].
- إذا كانت المواد الداخلة في التفاعل أو الناتجة منه في الحالة الغازية فإن التعبير عن التركيز يتم عادة باستخدام ضغطها الجزئي.

مثال : $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \underset{\text{Low pressure / Heat}}{\overset{\text{High pressure / Cool}}{\rightleftharpoons}} 2NH_{3(g)} \quad , \Delta H = -92\ kJ$

(4 mol) تشغل حجم أكبر — (2 mol) تشغل حجم أقل

من المثال السابق نجد أن **4 مول** من الجزيئات تتفاعل لينتج **2 مول** من جزيئات النشادر، أي أن تكوين النشادر يكون مصحوبًا بنقص في عدد المولات وبالتالي ينقص في الحجم، وقد وجد أنه بالضغط والتبريد يزداد معدل تكون غاز النشادر.

شروط تأثير الضغط على تفاعل كيميائي

١) التفاعل يكون متزن (انعكاسي).
٢) المتفاعلات والنواتج تكون في الحالة الغازية.
٣) عدد مولات جزيئات المتفاعلات لا تساوي عدد مولات جزيئات النواتج.



أي التفاعلات المتزنة التالية لا يؤثر فيها تغير الضغط على موضع الاتزان؟ .... (مصر ثان ١٩)

أ) $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$

ب) $PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons PCl_{5(g)}$

ج) $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$

د) $2NO_{(g)} \rightleftharpoons N_{2(g)} + O_{2(g)}$

ثابت الاتزان (بدلالة الضغوط الجزئية) K_p

يعبر عن ثابت الاتزان في التفاعلات الغازية (**مثل** : تفاعل تحضير غاز النشادر من عنصريه) بالرمز K_p للدلالة على تركيز المواد معبرًا عنه بالضغط الجزئي.

$$K_p = \frac{(P_{NH_3})^2}{(P_{N_2}) \times (P_{H_2})^3}$$ ثابت الاتزان **(بدلالة الضغوط الجزئية)**





احسب ثابت الاتزان (K_p) للتفاعل :

$$N_{2(g)} + 2O_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$$

وإذا كان ضغط الغاز $NO_2 = 2$ atm ، الغاز $O_2 = 1$ atm ، الغاز $N_2 = 0.2$ atm

واكتب تعليقًا على قيمته، ثم احسب الضغط الكلى للتفاعل.

الإجابة

$$K_p = \frac{(P_{NO_2})^2}{(P_{N_2}) \times (P_{O_2})^2} = \frac{2^2}{0.2 \times 1^2} = 20$$

ثابت الاتزان أكبر من الواحد الصحيح أي أن التفاعل الطردي هو السائد.

الضغط الكلي للتفاعل = $P_{N_2} + P_{O_2} + P_{NO_2} = 0.2 + 1 + 2 = 3.2$ atm



- القيمة العددية لثابت الاتزان K_p للتفاعل لا تتغير بتغير الضغوط الجزئية للغازات المتفاعلة أو الناتجة في نفس درجة الحرارة.
- الضغط يرتبط بعدد المولات أي كلما زاد عدد مولات الغاز زاد ضغطه.
- زيادة الضغط على تفاعل غازي متزن يؤدي إلى سير التفاعل في الاتجاه الذي يقل فيه عدد المولات والعكس صحيح.
- الضغط الكلي للتفاعل هو مجموع الضغوط الجزئية لغازاته (والمرتبطة بعدد مولات كل غاز).

❺ تأثير العوامل الحفازة

علمت مما سبق أن التفاعلات البطيئة تحتاج إلى تسخين لكي تسير بمعدل أسرع، ولكن إذا كنا بصدد تطبيق هذه التفاعلات في الصناعة فإن **دور الكيميائي في المصنع** يبرز في البحث عن أفضل السبل لزيادة الانتاج وتحسينه بأقل التكاليف وبالتالي استعمال مواد حفازة Catalysts

العامل الحفاز

- مادة يلزم منها القليل لتغير معدل التفاعل الكيميائي دون أن تتغير أو تغير من وضع الاتزان.
- مادة تزيد من معدل التفاعلات البطيئة دون الحاجة لزيادة درجة الحرارة.

دور العامل الحفاز

١) يزيد من سرعة التفاعلات الكيميائية البطيئة.

٢) يقلل من طاقة التنشيط اللازمة للتفاعل وبالتالي يوفر الطاقة اللازمة للتسخين لإحداث هذه التفاعلات البطيئة أو يقلل من استهلاك هذه الطاقة الحرارية.

٣) لا يغير من وضع الاتزان في التفاعلات الانعكاسية ... علل؟

لأنه يزيد من سرعة التفاعل العكسي والطردي بنفس المعدل.

مجالات استخدام العامل الحفاز

① تستخدم الحفازات في أكثر من **90%** من العمليات الصناعية **مثل** : الأسمدة **و** البتروكيماويات **و** الأغذية.

② توضع في المحولات الحفزية المستخدمة في شكمانات السيارات لتحويل غازات الاحتراق الملوثة للجو إلى نواتج آمنة.

– الحفازات: قد تكون عناصر فلزية **أو** أكاسيدها **أو** مركباتها.

③ **الإنزيمات: هي جزيئات من البروتين تتكون في الخلايا الحية.**

وظيفتها : تعمل كعوامل حفز للعديد من العمليات البيولوجية والصناعية.



يعبر الشكل .... عن العلاقة بين معدل كل من التفاعل الطردي والتفاعل العكسي

عند إضافة عامل حفاز للتفاعل: $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$

(مصر أول ج ١٤)



(أ)



(ب)

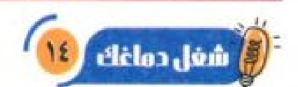


(ج)



(د)





من التفاعلين التاليين:

$$A + D \longrightarrow AD$$

$$AD + B \longrightarrow AB + D$$

أي من المواد التالية يستخدم كعامل حفاز؟ ....

(أ) A (ب) D

(ج) AD (د) B

⑥ تأثير الضوء

بعض التفاعلات تتأثر بالضوء مثل :

① في عملية البناء الضوئي يقوم الكلوروفيل في النبات بامتصاص الضوء وتكوين الكربوهيدرات في وجود ثاني أكسيد الكربون والماء.

② أفلام التصوير تحتوي على بروميد الفضة في طبقة چيلاتينية وعندما يسقط الضوء عليها فإنه يعمل على اكتساب أيون الفضة الموجب لإلكترون من أيون البروميد السالب ليتحول إلى فضة ويمتص البروم المتكون في الطبقة الچيلاتينية وكلما زادت شدة الضوء زادت كمية الفضة المتكونة. $Ag^{+}_{(aq)} + e^{-} \longrightarrow Ag_{(s)}$



الدرس 4 قاعدة لوشاتيلييه


لوشاتيلييه

من جملة المشاهدات السابقة وغيرها استطاع العالم الفرنسي لوشاتيلييه "Le Chateller" أن يضع قاعدة تعرف باسمه وهي تصف تأثير العوامل المختلفة من تركيز وحرارة وضغط على **الأنظمة المتزنة.**

قاعدة لوشاتيلييه

إذا حدث تغير في أحد العوامل المؤثرة على نظام في حالة اتزان مثل: التركيز، الضغط، درجة الحرارة فإن النظام ينشط في الاتجاه الذي يقلل أو يلغي تأثير هذا التغير.

تلخيص قاعدة لوشاتيلييه

١ تغير التركيز

$FeCl_{3(aq)} + 3NH_4SCN_{(aq)} \rightleftharpoons Fe(SCN)_{3(aq)} + 3NH_4Cl_{(aq)}$ كلوريد الحديد III — ثيوسيانات الأمونيوم — ثيوسيانات الحديد III — كلوريد الأمونيوم أصفر باهت — عديم اللون — أحمر دموي — عديم اللون	
عند زيادة تركيز ثيوسيانات الأمونيوم أو كلوريد الحديد III ينشط التفاعل في الاتجاه الطردي **ويزداد** اللون **الأحمر الدموي.**	① زيادة تركيز أحد المتفاعلات
عند زيادة تركيز ثيوسيانات الحديد III أو كلوريد الأمونيوم ينشط التفاعل في الاتجاه العكسي **ويقل** اللون **الأحمر الدموي.**	② زيادة تركيز أحد النواتج

٢ تغير درجة الحرارة

$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}\ ,\ \Delta H = -92\ kJ$ $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} + Heat$	(أ) التفاعلات الطاردة للحرارة
ينشط التفاعل في الاتجاه العكسي (المتفاعلات).	① رفع درجة الحرارة
ينشط التفاعل في الاتجاه الطردي (النواتج).	② خفض درجة الحرارة

$CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons CaO_{(s)} + CO_{2(g)}\ ,\ \Delta H = +175\ kJ$ $CaCO_{3(s)} + Heat \rightleftharpoons CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$	(ب) التفاعلات الماصة للحرارة
ينشط التفاعل في الاتجاه الطردي (النواتج).	① رفع درجة الحرارة
ينشط التفاعل في الاتجاه العكسي (المتفاعلات).	② خفض درجة الحرارة

٣ تغير الضغط

(أ) عدد مولات جزيئات النواتج > عدد مولات جزيئات المتفاعلات

$$CH_{4(g)} + H_2O_{(v)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + 3H_{2(g)}$$

(١) زيادة الضغط.	ينشط التفاعل في الاتجاه العكسي (المتفاعلات).
(٢) نقص الضغط.	ينشط التفاعل في الاتجاه الطردي (النواتج).

(ب) عدد مولات جزيئات النواتج < عدد مولات جزيئات المتفاعلات

$$2NO_{2(g)} \rightleftharpoons N_2O_{4(g)}$$

(١) زيادة الضغط.	ينشط التفاعل في الاتجاه الطردي (النواتج).
(٢) نقص الضغط.	ينشط التفاعل في الاتجاه العكسي (المتفاعلات).

(ج) عدد مولات جزيئات النواتج = عدد مولات جزيئات المتفاعلات

$$I_{2(v)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$$

زيادة أو خفض الضغط.	لا يؤثر على اتزان النظام.

تطبيقات على قاعدة لوشاتيلييه



مثال ١٥

ما أثر التغيرات التالية على كمية **(تركيز)** كلوريد الهيدروچين الناتجة في الاتزان التالي :

$$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2HCl_{(g)} \quad , \quad \Delta H = -1500 \text{ kJ/mol}$$

(أ) إضافة المزيد من الكلور.

(ب) سحب الهيدروچين من وسط التفاعل.

(ج) رفع درجة الحرارة (التسخين).

(د) استخدام وعاء أصغر حجماً (زيادة الضغط).

الإجابة

(أ) يزاح الإتزان في الإتجاه **الطردي** فتزداد كمية كلوريد الهيدروچين.

(ب) يزاح الإتزان في الإتجاه **العكسي** فتقل كمية كلوريد الهيدروچين.

(ج) يزاح الإتزان في الإتجاه **العكسي** فتقل كمية كلوريد الهيدروچين.

(د) **لا تتغير** كمية كلوريد الهيدروچين.

مثال ١٦

اكتب التغيرات التي تؤدي إلى **زيادة كمية النشادر** في التفاعل التالي:

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} \quad , \quad \Delta H = -92 \text{ kJ/mol}$$

الإجابة

(١) إضافة مزيد من الهيدروچين أوالنيتروچين.

(٢) سحب كمية النشادر المتكونة.

(٣) زيادة الضغط.

(٤) خفض درجة الحرارة.





- عندما تتناسب قيم K_c لنفس التفاعل **طردياً** مع قيم درجات الحرارة دليل على أن التفاعل **ماص** للحرارة.
- عندما تتناسب قيم K_c لنفس التفاعل **عكسياً** مع قيم درجات الحرارة دليل على أن التفاعل **طارد** للحرارة.



للتفاعل التالي **قيمتان لثابت الاتزان** عند **درجتي حرارة** مختلفتين، هل التفاعل **طارد** أم **ماص** للحرارة؟ **مع التفسير**.

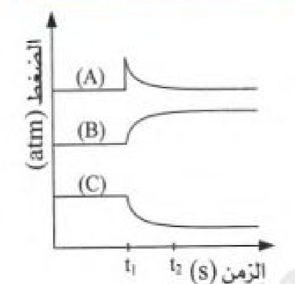
$I_{2(v)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)} \qquad K_c = 67 \text{ at } 850°C$

$I_{2(v)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)} \qquad K_c = 50 \text{ at } 448°C$

الإجابة

التفاعل **ماص** للحرارة لأن قيمة ثابت الإتزان تتناسب طردياً مع درجة الحرارة.
أي أن بزيادة درجة الحرارة تزداد قيمة ثابت الإتزان، فيزداد تركيز النواتج ويقل تركيز المتفاعلات، فيزاح التفاعل في الاتجاه الطردي.





الشكل البياني التالي للضغط الجزئي المتولد في زمن $(t_1 - t_2)$ عند حالة الاتزان للتفاعل التالي:

$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} \quad , \quad \Delta H = -92 \text{ kJ}$

عند نقطة t_1 أضيف الهيدروچين إلى النظام المتزن سابقاً عند تلك النقطة على المنحنى وبعد فترة من الزمن حدثت حالة اتزان جديدة عند نقطة t_2 على المنحنى، فإن الاختيار الأصح الذي يعرف المواد تبعاً لسلوكها في الشكل البياني ....

(أ) $A = H_2 , B = N_2 , C = NH_3$
(ب) $A = H_2 , B = NH_3 , C = N_2$
(ج) $A = NH_3 , B = H_2 , C = N_2$
(د) $A = NH_3 , B = N_2 , C = H_2$

مما سبق نستنتج أن





العوامل المؤثرة على معدل التفاعل الكيميائي	العوامل المؤثرة على الاتزان الكيميائي	العوامل المؤثرة على قيمة ثابت الاتزان (K)
(١) طبيعة المواد المتفاعلة	(١) تركيز المواد المتفاعلة	درجة حرارة التفاعل
(٢) تركيز المواد المتفاعلة	(٢) درجة حرارة التفاعل	
(٣) درجة حرارة التفاعل	(٣) الضغط	
(٤) الضغط		
(٥) العوامل الحفازة		
(٦) الضوء		





الاتزان الأيونى



تطبيقات قانون فعل الكتلة على حالات الاتزان الأيوني

- المحاليل الإلكتروليتية
- تأين الماء
- التميؤ
- حاصل الإذابة

أولًا المحاليل الإلكتروليتية

أنواع المواد حسب قدرتها على التوصيل للتيار الكهربي

لا إلكتروليتات

مواد محاليلها أو مصهوراتها لا توصل التيار الكهربي لعدم احتوائها على أيونات (مماهه أو حرة)

أمثلة : • محلول السكر في الماء. • محلول الكحول الإيثيلي.
• محلول HCl في البنزين. • حمض الخليك الثلجي.

إلكتروليتات

مواد محاليلها أو مصهوراتها توصل التيار الكهربي لاحتوائها على أيونات (مماهه أو حرة)

إلكتروليتات قوية

مواد تامة التأين (يتحول **جميع** جزيئاتها إلى أيونات) وتوصل التيار الكهربي توصيلًا **قويًا**.

(١) محاليل الأملاح تامة الذوبان في الماء.

- كلوريد الصوديوم $NaCl$
- كبريتات البوتاسيوم K_2SO_4

(٢) محاليل الأحماض المعدنية القوية.

- حمض الكبريتيك H_2SO_4
- حمض النيتريك HNO_3
- حمض البيركلوريك $HClO_4$
- حمض الهيدروكلوريك HCl
- حمض الهيدروبروميك HBr
- حمض الهيدرويوديك HI

(٣) محاليل القلويات القوية.

- هيدروكسيد الصوديوم $NaOH$
- هيدروكسيد البوتاسيوم KOH
- هيدروكسيد الباريوم $Ba(OH)_2$

إلكتروليتات ضعيفة

مواد غير تامة التأين (يتحول **جزء ضئيل** من جزيئاتها إلى أيونات) وتوصل التيار الكهربي توصيلًا **ضعيفًا**.

(١) محاليل الأملاح شحيحة الذوبان في الماء.

- كلوريد الفضة $AgCl$
- بروميد الرصاص II $PbBr_2$

(٢) محاليل الأحماض الضعيفة.

- حمض الفوسفوريك H_3PO_4
- حمض الكربونيك H_2CO_3
- حمض الخليك CH_3COOH

وكل الأحماض العضوية (الكربوكسيلية).

(٣) محاليل القلويات الضعيفة.

- هيدروكسيد الأمونيوم NH_4OH

(٤) الماء المُقطر. H_2O



تجارب عملية على التأين

تجربة: توضح التوصيل الكهربي لحمض الخليك النقي "الثلجي" وغاز كلوريد الهيدروجين الذائب في البنزين

الخطوات :
اختبر التوصيل الكهربي لحمض الخليك النقي (الثلجي) وغاز كلوريد الهيدروچين الذائب في البنزين باستخدام دائرة كهربية بسيطة.

الملاحظة :
المصباح لا يضئ في الحالتين.



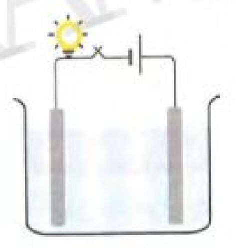
الاستنتاج : كلاهما لا يحتوي على أيونات تعمل على توصيل التيار الكهربي.

تجربة: لإثبات أن حمض الهيدروكلوريك إلكتروليت قوي ومحلول حمض الخليك إلكتروليت ضعيف

الخطوات :
اختبر التوصيل الكهربي لمحلولي (كلوريد الهيدروچين في الماء وحمض الخليك في الماء) تركيز كل منهما 0.1 mol/L

في حالة حمض الهيدروكلوريك

الملاحظة :
يضيء المصباح بشدة.

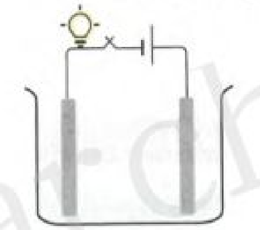


الاستنتاج :
حمض الهيدروكلوريك تأينه تام في الماء (إلكتروليت قوي)

$$HCl_{(g)} + H_2O_{(\ell)} \longrightarrow H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

في حالة حمض الخليك

يضيء المصباح إضاءة خافتة.



حمض الخليك تأينه غير تام في الماء (إلكتروليت ضعيف)

$$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

تجربة: توضح أثر التخفيف على تأين محلولي حمض الهيدروكلوريك، وحمض الخليك

الخطوات :
(١) اختبر التوصيل الكهربي لمحلولي (حمض الهيدروكلوريك، وحمض الخليك) تركيز كل منهما 0.1 mol/L
(٢) خفف المحلولين السابقين إلى : 0.01 mol/L ثم إلى 0.001 mol/L

الملاحظة :
(١) يضيء المصباح بشدة مع حمض الهيدروكلوريك، بينما يضيء إضاءة خافتة مع محلول حمض الخليك.
(٢) لا تتأثر شدة إضاءة المصباح بتخفيف حمض الهيدروكلوريك، بينما تزداد بتخفيف حمض الخليك

الاستنتاج : في الإلكتروليتات الضعيفة بزيادة التخفيف تزداد درجة التأين.

مقارنة بين عملية التفكك وعملية التأين

عملية التفكك	عملية التأين
عملية تحول وحدات صيغة المركبات الأيونية غير المتفككة – والمرتبطة بقوى جذب إلكتروستاتيكية – إلى أيونات موجبة وأيونات سالبة عند ذوبانها في الماء.	عملية تحول جزيئات المركبات التساهمية غير المتأينة إلى أيونات موجبة وأيونات سالبة عند ذوبانها في الماء.
• المركبات الأيونية الصلبة تامة التفكك في الماء ومحاليلها موصلة جيدة للتيار الكهربي. **مثل :** كلوريد الصوديوم الذائب في الماء.	• مواد تأينها (100% تقريبًا) ، وتامة التوصيل الكهربي. **مثل :** غاز كلوريد الهيدروجين الذائب في الماء. • مواد تأينها (محدود جدًا) ، وضعيفة التوصيل الكهربي. **مثل :** حمض الخليك النقي الذائب في الماء.

تقسيم عملية التأين

	التأين التام	التأين الضعيف
التعريف	عملية تحول كل الجزيئات غير المتأينة إلى أيونات ، وتحدث في الإلكتروليتات القوية.	عملية تحول جزء ضئيل من الجزيئات غير المتأينة إلى أيونات ، وتحدث في الإلكتروليتات الضعيفة.
مثال	$HCl_{(g)} + H_2O_{(\ell)} \longrightarrow H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$	$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$



في حالة الإلكتروليتات الضعيفة يوجد في المحلول باستمرار حالتان متعاكستان هما تفكك (تأين) الجزيئات إلى أيونات واتحاد الأيونات لتكوين جزيئات فتنشأ حالة اتزان بين الأيونات والجزيئات غير المفككة (المتأينة).

$$AB \rightleftharpoons A^+ + B^-$$

مادة إلكتروليتية ضعيفة (جزيئات غير متأينة) — أيونات حُرة ناتجة

الاتزان الأيوني

اتزان ينشأ في محاليل الإلكتروليتات الضعيفة بين جزيئاتها غير المتأينة و**الأيونات** الناتجة عنها.

مقارنة بين الاتزان الكيميائي والاتزان الأيوني

	الاتزان الكيميائي	الاتزان الأيوني
التعريف	نظام ديناميكي يحدث عندما يتساوى معدل التفاعل الطردي مع معدل التفاعل العكسي وتثبت تركيزات المتفاعلات والنواتج ويظل الاتزان قائمًا طالمًا كانت جميع المواد المتفاعلة والناتجة موجودة في وسط التفاعل (لم يتصاعد غاز ولم يتكون راسب) وما دامت ظروف التفاعل مثل درجة الحرارة أو الضغط ثابتة.	اتزان ينشأ في محاليل الإلكتروليتات الضعيفة بين جزيئاتها **و** الأيونات الناتجة.
مثال	$CH_3COOH_{(\ell)} + C_2H_5OH_{(\ell)} \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_{5(aq)} + H_2O_{(\ell)}$	$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$



أيون الهيدرونيوم (البروتون المماه) $[H_3O^+]$

لا يوجد أيون الهيدروجين (البروتون) الناتج من تأين الأحماض في محاليلها المائية منفردًا ... علل؟

لأنه ينجذب إلى زوج الإلكترونات الحُر الموجود على ذرة أكسچين أحد جزيئات الماء ويرتبط مع جزيء الماء برابطة تناسقية مكونًا أيون الهيدرونيوم.

$$HCl_{(g)} + H_2\ddot{O}_{(\ell)} \longrightarrow H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

علل ...؟

(١) محلول كلوريد الهيدروچين في البنزين لا يوصل التيار الكهربي بينما محلوله في الماء يوصل التيار الكهربي.

لأنه يذوب في البنزين على هيئة جزيئات غير متأينة ويذوب في الماء على هيئة أيونات ويكون تام التأين.

(٢) محلول حمض الهيدروكلوريك جيد التوصيل الكهربي بينما محلول حمض الخليك ضعيف التوصيل الكهربي.

لأن حمض الهيدروكلوريك تام التأين في الماء أما حمض الخليك غير تام التأين.

(٣) لا يتأثر التوصيل الكهربي لحمض الهيدروكلوريك بالتخفيف بينما يزداد التوصيل الكهربي لحمض الخليك بالتخفيف.

لأن حمض الهيدروكلوريك تام التأين وبالتالي تتحول كل جزيئاته إلى أيونات،

بينما حمض الخليك غير تام التأين وبالتالي هناك جزيئات من الحمض لم تتأين يزداد تأينها بالتخفيف.

(٤) يمكن تطبيق قانون فعل الكتلة على محاليل الإلكتروليتات الضعيفة فقط ولا يمكن تطبيقه على الإلكتروليتات القوية.

لأن الإلكتروليتات الضعيفة محاليلها غير تامة التأين وبالتالي تحتوي محاليلها على جزيئات غير متأينة.

أما الإلكتروليتات القوية محاليلها تامة التأين وبالتالي لا تحتوي محاليلها على جزيئات غير متأينة.

تدريب غير محلول

كيف تميز عمليًا بين (بدون كواشف كيميائية) ... ؟

(١) حمض الخليك المخفف، وحمض الخليك النقي.

(٢) محلول HCl في الماء، ومحلول HCl في البنزين.



المحلول المائي من حمض الكبريتوز يحتوي على .... (مصر أول ٢٢)

(أ) $OH^-, HSO_3^-, SO_3^{2-}, H_3O^+, H_2SO_3$

(ب) OH^-, H_3O^+, H_2SO_3

(ج) OH^-, HSO_3^-, H_3O^+

(د) $OH^-, HSO_3^-, SO_3, H_3O^+, H_2SO_3$



يمكن تطبيق قانون فعل الكتلة على كل مما يلي **ماعدا** .... (مصر ثان ٢١)

(أ) $H_2SO_{3(aq)}$

(ب) $HCl_{(aq)}$

(ج) $HF_{(aq)}$

(د) $H_2CO_{3(aq)}$

قانون أستفالد للتخفيف

وليم استفالد

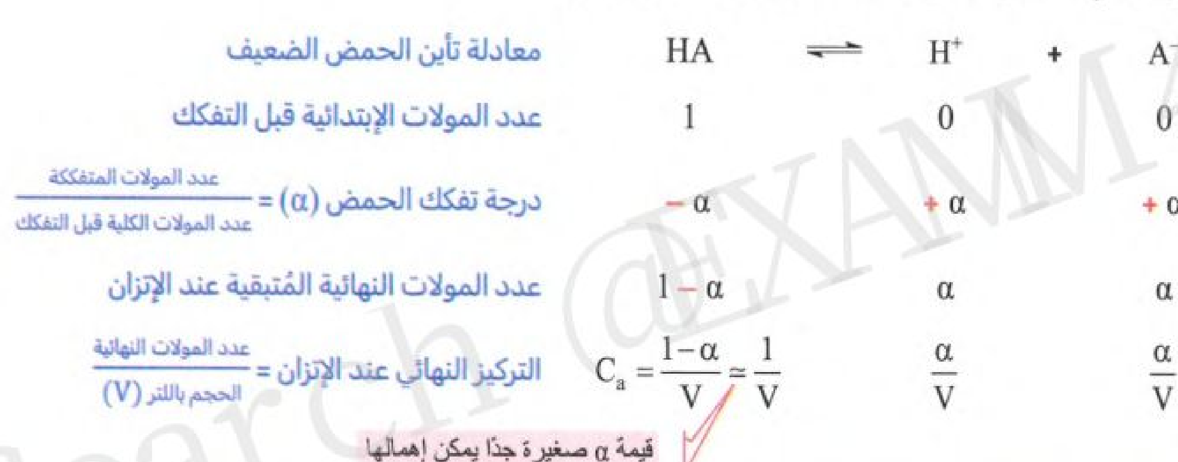
تمكن أستفالد عام 1888م من ايجاد العلاقة العكسية بين درجة التفكك أو التأين (α) والتركيز (C) بوحدة mol/L لمحاليل الإلكتروليتات الضعيفة.



اثبات قانون أستفالد

– نفرض أن لدينا مولًا واحدًا من حمض ضعيف أحادي البروتون صيغته الافتراضية (HA)

– أذيب في حجم مقداره (V) لتر من المحلول، **وفقًا للمعادلة التالية :**



	HA	⇌	H^+	+	A^-
معادلة تأين الحمض الضعيف	HA	⇌	H^+	+	A^-
عدد المولات الإبتدائية قبل التفكك	1		0		0
درجة تفكك الحمض (α) = عدد المولات المتفككة / عدد المولات الكلية قبل التفكك	$-\alpha$		$+\alpha$		$+\alpha$
عدد المولات النهائية المُتبقية عند الإتزان	$1-\alpha$		α		α
التركيز النهائي عند الإتزان = عدد المولات النهائية / الحجم باللتر (V)	$C_a = \frac{1-\alpha}{V} \simeq \frac{1}{V}$		$\frac{\alpha}{V}$		$\frac{\alpha}{V}$

قيمة α صغيرة جدًا يمكن إهمالها

وبتطبيق قانون فعل الكتلة على التفاعل السابق يمكن حساب ثابت إتزان الحمض K_a :

$$K_a = \frac{\frac{\alpha}{V} \times \frac{\alpha}{V}}{\frac{1}{V}} \Rightarrow K_a = \frac{\frac{\alpha^2}{V^2}}{\frac{1}{V}} \Rightarrow K_a = \frac{\alpha^2}{V} = \alpha^2 \times \frac{1}{V}$$

وتكون الصيغة النهائية لقانون استفالد على إحدى الصور التالية :

$$K_a = \alpha^2 \times C_a \quad \text{Or} \quad \alpha^2 = \frac{K_a}{C_a} \quad \text{Or} \quad \alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C_a}}$$

وتعرف هذه العلاقة **بقانون استفالد** للتخفيف وهو يبين العلاقة الكمية بين درجة التأين (α) ودرجة تخفيفه ويتضح منها :

«أنه عند ثبوت درجة الحرارة فإن درجة تأين الإلكتروليت الضعيف (α) تزداد بزيادة التخفيف لتظل قيمة K_a ثابتة».



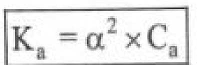
الجدول التالي يبين قيم ثابت التأين لبعض الأحماض الضعيفة.

اسم الحمض	الصيغة الجزيئية	ثابت التأين (K_a)
حمض الكبريتوز	H_2SO_3	1.7×10^{-2}
حمض الهيدروفلوريك	HF	6.7×10^{-4}
حمض النيتروز	HNO_2	5.1×10^{-4}
حمض الخليك (الأسيتيك)	CH_3COOH	1.8×10^{-5}
حمض الكربونيك	H_2CO_3	4.4×10^{-7}
حمض البوريك	H_3BO_3	5.8×10^{-10}

تقل درجة تأين الحمض الضعيف وتقل قوته

(الجدول للاطلاع فقط)

قانون استفالد



$$K_a = \alpha^2 \times C_a$$

❶ العلاقة بين ثابت التأين (K_a) لحمض ضعيف وتركيزه (C_a) ودرجة تأينه (α)

$$K_b = \alpha^2 \times C_b$$

العلاقة بين ثابت التأين (K_b) لقاعدة ضعيفة وتركيزها (C_b) ودرجة تأينها (α)

مثال ١٨

احسب درجة تأين في محلول 0.1 mol/L من حمض الهيدروسيانيك (HCN) عند 25°C علمًا بأن ثابت اتزان الحمض $(K_a) = 7.2 \times 10^{-10}$

الإجابة

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C_a}} = \sqrt{\frac{7.2\times10^{-10}}{0.1}} = 8.49\times10^{-5}$$



مثال ٢٠

احسب درجة تأين في محلول 0.01 mol/L من محلول الأمونيا (NH_4OH) عند 25°C علمًا بأن ثابت اتزان القاعدة $(K_b) = 1.6 \times 10^{-5}$

الإجابة

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_b}{C_b}} = \sqrt{\frac{1.6\times10^{-5}}{0.01}} = 0.04$$

مثال ١٩

احسب ثابت التأين (K_a) لحمض عضوي ضعيف أحادي البروتون إذا كانت نسبة تأين هذا الحمض تساوي 3% وتركيزه 0.2 mol/L

الإجابة

$$\alpha = 3\% = \frac{3}{100} = 0.03$$

$$K_a = \alpha^2 \times C_a = (0.03)^2 \times 0.2 = 1.8\times10^{-4}$$

مثال ٢١

احسب تركيز الميثيل أمين CH_3NH_2 علمًا بأن ثابت اتزانه $(K_b) = 9\times10^{-6}$ ودرجة تأينه $(\alpha) = 0.015$

الإجابة

$$C_b = \frac{K_b}{\alpha^2} = \frac{9\times10^{-6}}{(0.015)^2} = 0.04\ mol/L$$

حساب تركيز أيون الهيدرونيوم $[H_3O^+]$ للأحماض الضعيفة

عندما يتفكك حمض ضعيف مثل حمض الخليك تركيزه (C_a) في الماء حسب المعادلة :

$$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

فإن ثابت التفكك لهذا التفاعل: $K_a = \frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]}$

من المعادلة السابقة يتضح أن: $[H_3O^+] = [CH_3COO^-]$

بذلك فإن قيمة ثابت الاتزان: $K_a = \frac{[H_3O^+]^2}{[CH_3COOH]}$

∵ الحمض ضعيف فإن درجة تفكك (α) مقدار ضئيل جدًا يمكن إهماله.

∴ تركيز حمض الخليك عند الاتزان $(C_a - \alpha)$ = تركيز حمض الخليك الأصلي (C_a)

وبالتعويض في قانون ثابت الاتزان: $\therefore K_a = \frac{[H_3O^+]^2}{C_a}$

$$\therefore [H_3O^+] = \sqrt{K_a \times C_a}$$

استنتاج هام

$\because K_a = \alpha^2 \times C_a$ .... (1)

$\because [H_3O^+] = \sqrt{K_a \times C_a}$ ....(2)

بالتعويض من المعادلة (1) في المعادلة (2)

$\therefore [H_3O^+] = \sqrt{K_a \times C_a} = \sqrt{\alpha^2 \times C_a \times C_a}$

$\therefore [H_3O^+] = \alpha \times C_a$

استنتاج هام

$\because C_a = \frac{K_a}{\alpha^2}$ .... (1)

$\because [H_3O^+] = \sqrt{K_a \times C_a}$ ....(2)

بالتعويض من المعادلة (1) في المعادلة (2)

$\therefore [H_3O^+] = \sqrt{K_a \times C_a} = \sqrt{K_a \times \frac{K_a}{\alpha^2}}$

$\therefore [H_3O^+] = \frac{K_a}{\alpha}$

حساب تركيز أيون الهيدروكسيد $[OH^-]$ للقواعد الضعيفة

يمكن حساب تركيز أيون الهيدروكسيد $[OH^-]$ في القواعد الضعيفة مثل أيون الهيدرونيوم في الأحماض الضعيفة.

> **القواعد الضعيفة**
> القواعد التي تتفكك في المحلول المائي جزئيًا.

على سبيل المثال .. فإن النشادر من القواعد الضعيفة وعندما تذاب في الماء يحدث التفاعل المتزن التالي:

$$NH_{3(g)} + H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons NH_4{}^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

فإن ثابت التفكك لهذا التفاعل : $K_b = \frac{[NH_4{}^+][OH^-]}{[NH_3]}$

من المعادلة السابقة يتضح أن : $[NH_4{}^+] = [OH^-]$

بذلك فإن قيمة ثابت الاتزان : $K_b = \frac{[OH^-]^2}{[NH_3]}$

∵ القاعدة ضعيفة فإن درجة تفكك (α) مقدار ضئيل جدًا يمكن إهماله.

∴ تركيز النشادر عند الاتزان $(C_b - \alpha)$ = تركيز النشادر الأصلي (C_b)

وبالتعويض في قانون ثابت الاتزان : $\therefore K_b = \frac{[OH^-]^2}{C_b}$

$$\therefore [OH^-] = \sqrt{K_b \times C_b}$$

استنتاج هام

$\because K_b = \alpha^2 \times C_b$ .... (1)

$\because [OH^-] = \sqrt{K_b \times C_b}$ ....(2)

بالتعويض من المعادلة (1) في المعادلة (2)

$\therefore [OH^-] = \sqrt{K_b \times C_b} = \sqrt{\alpha^2 \times C_b \times C_b}$

$\therefore [OH^-] = \alpha \times C_b$

استنتاج هام

$\because C_b = \frac{K_b}{\alpha^2}$ .... (1)

$\because [OH^-] = \sqrt{K_b \times C_b}$ .... (2)

بالتعويض من المعادلة (1) في المعادلة (2)

$\therefore [OH^-] = \sqrt{K_b \times C_b} = \sqrt{K_b \times \frac{K_b}{\alpha^2}}$

$\therefore [OH^-] = \frac{K_b}{\alpha}$



② العلاقة بين تركيز أيون الهيدروچين (الهيدرونيوم) $[H_3O^+]$ في محلول حمض ضعيف وتركيزه (C_a) وثابت تأينه (K_a)

$$[H_3O^+] = \sqrt{K_a \times C_a}$$

العلاقة بين تركيز أيون الهيدروكسيد $[OH^-]$ في محلول قاعدة ضعيفة وتركيزها (C_b) وثابت تأينها (K_b)

$$[OH^-] = \sqrt{K_b \times C_b}$$

مثال ٢٢

احسب تركيز أيون الهيدرونيوم لمحلول 0.1 mol/L من حمض الخليك (at 25°C) ، علمًا بأن ثابت تأين حمض الخليك 1.8×10^{-5}

الإجابة

$$\because [H_3O^+] = \sqrt{K_a \times C_a} = \sqrt{1.8\times10^{-5}\times0.1}$$

$$\therefore [H_3O^+] = 1.34\times10^{-3} \text{ mol/L}$$

مثال ٢٣

احسب تركيز أيون الهيدروكسيد لمحلول 0.01 M من هيدروكسيد الأمونيوم ، علمًا بأن ثابت تأين هيدروكسيد الأمونيوم 3.6×10^{-5}

الإجابة

$$\because [OH^-] = \sqrt{K_b \times C_b} = \sqrt{3.6\times10^{-5}\times0.01}$$

$$\therefore [OH^-] = 6\times10^{-4} \text{ mol/L}$$

---

③ العلاقة بين تركيز أيون الهيدروچين (الهيدرونيوم) $[H_3O^+]$ في محلول حمض ضعيف وتركيزه (C_a) ودرجة تأينه (α)

$$[H_3O^+] = \alpha \times C_a$$

العلاقة بين تركيز أيون الهيدروكسيد $[OH^-]$ في محلول قاعدة ضعيفة وتركيزها (C_b) ودرجة تأينها (α)

$$[OH^-] = \alpha \times C_b$$

مثال ٢٤

احسب تركيز أيون الهيدرونيوم لمحلول 0.1 mol/L من حمض الخليك (at 25°C) علمًا بأن نسبة تأينه 2.5 %

الإجابة

$$\alpha = 2.5\% = \frac{2.5}{100} = 0.025$$

$$\therefore [H_3O^+] = \alpha \times C_a = 0.025\times0.1$$

$$\therefore [H_3O^+] = 2.5\times10^{-3} \text{ mol/L}$$

مثال ٢٥

احسب تركيز أيون الهيدروكسيد في محلول تركيزه 0.05 M من محلول النشادر (at 25°C) ، علمًا بأن نسبة تأينه 1.25 %

الإجابة

$$\alpha = 1.25\% = \frac{1.25}{100} = 0.0125$$

$$\therefore [OH^-] = \alpha \times C_b = 0.0125\times0.05$$

$$\therefore [OH^-] = 6.25\times10^{-4} \text{ mol/L}$$

٤ العلاقة بين تركيز أيون الهيدروجين (الهيدرونيوم) $[H_3O^+]$ في محلول حمض ضعيف وثابت تأينه (K_a) ودرجة تأينه (α)

$$[H_3O^+] = \frac{K_a}{\alpha}$$

العلاقة بين تركيز أيون الهيدروكسيد $[OH^-]$ في محلول قاعدة ضعيفة وثابت تأينه (K_b) ودرجة تأينها (α)

$$[OH^-] = \frac{K_b}{\alpha}$$

مثال ٢٦

احسب تركيز أيون الهيدرونيوم لحمض ضعيف عند 25°C درجة تأينه 5×10^{-3} علمًا بأن ثابت اتزان الحمض $(K_a) = 7.2\times10^{-10}$

الإجابة

$$[H_3O^+] = \frac{K_a}{\alpha} = \frac{7.2\times10^{-10}}{5\times10^{-3}} = 1.44\times10^{-7}$$

مثال ٢٧

احسب درجة تأين محلول الأمونيا، تركيز أيون الهيدروكسيد فيه 4×10^{-4} علمًا بأن ثابت اتزان القاعدة $(K_b) = 1.6\times10^{-5}$

الإجابة

$$\alpha = \frac{K_b}{[OH^-]} = \frac{1.6\times10^{-5}}{4\times10^{-4}} = 4\times10^{-2}$$

الإلكتروليتات القوية

٥

الأحماض القوية أحادية البروتون (H^+)

$$HCl_{(aq)} \xrightarrow{water} H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

$$[H^+] = C_a$$

القواعد القوية أحادية الهيدروكسيد (OH^-)

$$NaOH_{(aq)} \xrightarrow{water} Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$[OH^-] = C_b$$

الأحماض القوية ثنائية البروتون $(2H^+)$

$$H_2SO_{4(aq)} \xrightarrow{water} 2H^+_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)}$$

$$[H^+] = 2\times C_a$$

القواعد القوية ثنائية الهيدروكسيد $(2OH^-)$

$$Ba(OH)_{2(aq)} \xrightarrow{water} Ba^{2+}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$$

$$[OH^-] = 2\times C_b$$

مثال ٢٨

احسب تركيز أيون الهيدروجين لمحلول 0.005 M من حمض الكبريتيك.

الإجابة

$$H_2SO_{4(aq)} \xrightarrow{water} 2H^+_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)}$$

0.005M   0.01M   0.005M

$\because [H^+] = 2\times C_a = 2\times0.005 = 0.01\ M$

مثال ٢٩

احسب تركيز أيون الهيدروكسيد لمحلول 0.001 M من هيدروكسيد الباريوم.

الإجابة

$$Ba(OH)_{2(aq)} \xrightarrow{water} Ba^{2+}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$$

0.001M   0.001M   0.002M

$\because [OH^-] = 2\times C_b = 2\times0.001 = 0.002\ M$

قوانين التخفيف

من قانون أستفالد للتخفيف عند ثبوت درجة الحرارة فإن درجة تأين الإلكتروليت الضعيف تتناسب عكسيا مع تركيزه لأن ثابت التأين مقدار ثابت (أي بزيادة التخفيف (نقص التركيز) تزداد درجة التأين) ومنها نستنتج أن :

ثابت التأين بعد التخفيف = ثابت التأين قبل التخفيف



قوانين التخفيف الأحماض الضعيفة

① $\alpha_{a1}^2 \times C_{a1} = \alpha_{a2}^2 \times C_{a2}$ ② $\alpha_{a1} \times [H^+]_1 = \alpha_{a2} \times [H^+]_2$ ③ $\frac{[H^+]_1^2}{C_{a1}} = \frac{[H^+]_2^2}{C_{a2}}$

قوانين التخفيف القواعد الضعيفة

① $\alpha_{b1}^2 \times C_{b1} = \alpha_{b2}^2 \times C_{b2}$ ② $\alpha_{b1} \times [OH^-]_1 = \alpha_{b2} \times [OH^-]_2$ ③ $\frac{[OH^-]_1^2}{C_{b1}} = \frac{[OH^-]_2^2}{C_{b2}}$



مثال ٣٠

محلول حمض الخليك تركيزه 0.03 mol/L في درجة حرارة 398°K ودرجة تأينه 2.5×10^{-3}

احسب درجة تأين حمض الخليك بعد إضافة كمية من الماء ليصبح تركيزه 0.01 mol/L عند نفس درجة الحرارة.

الإجابة

ثابت التأين بعد التخفيف = ثابت التأين قبل التخفيف

$$K_1 = K_2$$

$$\alpha_{a1}^2 \times C_{a1} = \alpha_{a2}^2 \times C_{a2}$$

$$(2.5\times10^{-3})^2 \times 0.03 = \alpha_{a2}^2 \times 0.01$$

$$\alpha_{a2}^2 = \frac{(2.5\times10^{-3})^2 \times 0.03}{0.01} = 1.875\times10^{-5}$$

$$\alpha_{a2} = \sqrt{1.875\times10^{-5}} = 4.33\times10^{-3}$$

مثال ٣١

محلول الأمونيا تركيزه أيون الهيدروكسيد فيه 0.001 mol/L عند 25°C ودرجة تأينه 4×10^{-3}

احسب درجة تأين محلول الأمونيا بعد إضافة كمية من الماء ليصبح تركيز أيون الهيدروكسيد فيه 0.01 mol/L عند نفس درجة الحرارة.

الإجابة

ثابت التأين بعد التخفيف = ثابت التأين قبل التخفيف

$$K_1 = K_2$$

$$\alpha_{b1} \times [OH^-]_1 = \alpha_{b2} \times [OH^-]_2$$

$$4\times10^{-3} \times 0.001 = \alpha_{b2} \times 0.001$$

$$\alpha_{b2} = \frac{4\times10^{-3} \times 0.001}{0.01} = 4\times10^{-4}$$

ثانيًا تأين الماء

الماء النقي إلكتروليت ضعيف يوصل التيار الكهربي توصيلًا ضعيفًا، ويعبر عن تأينه بالاتزان التالي:

$$2H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

وللتبسيط يمكن كتابة المعادلة السابقة كالتالي: $H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

ويعبر عن ثابت الاتزان كما يلي: $K_w = \frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]} = 10^{-14}$

∵ مقدار ما يتأين من الماء لا يذكر كما يتضح من قيمة ثابت الاتزان فإن تركيز الماء غير المتأين يعتبر مقدار ثابت

ومن ثم يؤول التعبير السابق إلى العلاقة التالية بعد إهمال تركيز الماء غير المتأين. $K_w = [H^+][OH^-] = 10^{-14}$

وحيث أن : الماء النقي متعادل التأثير على عباد الشمس ... علل؟

لأن تركيز أيون الهيدروجين المسؤول عن الحموضة مساويًا لتركيز أيون الهيدروكسيل المسؤول عن القلوية.

ولذلك فإن : $K_w = [10^{-7}][10^{-7}] = 10^{-14}$

الحاصل الأيوني للماء (K_w)

حاصل ضرب تركيزي أيون الهيدروجين وأيون الهيدروكسيل الناتجين من تأين الماء ويساوي 1×10^{-14} عند $25°C$



- الحاصل الأيوني للماء يساوي عدديًا 10^{-14} عند $25°C$، وهو يعني أن الماء إلكتروليت ضعيف جدًا.
- الحاصل الأيوني للماء مقدار ثابت فإذا زاد تركيز أيون الهيدروجين قل تركيز أيون الهيدروكسيل بنفس المقدار

وإذا عرف تركيز أحد الأيونين أمكن معرفة تركيز الآخر.

الأس (الرقم) الهيدروجيني (pH value)

- اللوغاريتم السالب (للأساس 10) لتركيز أيون الهيدروجين.
- أسلوب للتعبير عن درجة الحموضة أو القاعدية للمحاليل المائية.

نوع المحلول	pH	pOH
حمضي	أقل من 7	أكبر من 7
قاعدي	أكبر من 7	أقل من 7
متعادل	يساوي 7	يساوي 7

الصيغة الرياضية له : $pH = -\log[H^+] = -\log[H_3O^+]$

حيث أن حرف (p) يعني (– log)

وإذا رجعنا لمعادلة الحاصل الأيوني للماء وبأخذ اللوغاريتم السالب لهذه المعادلة فإنها تصبح

:

$$-\log[K_w] = (-\log[H^+]) + (-\log[OH^-])$$

$$-\log 10^{-14} = (-\log 10^{-7}) + (-\log 10^{-7})$$


▲ جهاز قياس الرقم الهيدروجيني

وباستبدال القيمة (– log) بالحرف (p) فإن المعادلة تصبح : $pK_w = pH + pOH = 14$





▲ تدريج pH في المحاليل



- قيمة K_w ثابتة للماء أو المحاليل المائية وتساوي 1×10^{-14} (at 25°C)
- قيمة pK_w ثابتة للماء أو المحاليل المائية وتساوي 14 (at 25°C)
- المحلول حمضي التأثير على عباد الشمس يتميز بأن تركيز أيونات الهيدروجين كبير (أكبر من 10^{-7}) لذلك تكون قيمة pH له منخفضة (أقل من 7)

مثال : تركيز أيون الهيدروجين 10^{-4} mol/L أي قيمة pH = 4

الرقم الهيدروچيني		المادة
Zero		محلول حمض الهيدروكلوريك 1 M
1	تزداد الحامضية	محلول حمض الهيدروكلوريك 0.1 M
1.6 : 1.8		العصير المعدي
2.3		عصير الليمون
2.9		الخل
3.5		عصير البرتقال
4		عصير العنب
4.2		عصير الطماطم
5		القهوة
6.2		ماء المطر
6.3 : 6.6		اللبن
5.5 : 7		البول
7	متعادل	الماء النقي
6.2 : 7.4		اللعاب
7.35 : 7.45		الدم
8.4		ماء البحر
7.8 : 8.6		العصارة المرارية
10.5		مستحلب المانيزيا
11		محلول الأمونيا 0.1 M
12	تزداد القاعدية	صودا الغسيل
13		محلول هيدروكسيد الصوديوم 0.1 M
14		محلول هيدروكسيد الصوديوم 1 M

الجدول للإيضاح فقط

الحاصل الأيوني للماء $K_w = [H^+][OH^-] = [10^{-7}][10^{-7}] = 10^{-14}$

⑦

الرقم الهيدروكسيلي	الرقم الهيدروجيني
$pOH = -\log [OH^-]$ $[OH^-] = 10^{-pOH}$	$pH = -\log [H^+] = -\log [H_3O^+]$ $[H^+] = [H_3O^+] = 10^{-pH}$

$$pH + pOH = 14$$



أكمل الجدول التالي، إذا علمت أن الحاصل الأيوني للماء $K_w = 1\times10^{-14}$

التأثير	pOH	pH	$[OH^-]$	$[H^+]$
قاعدي	3	11	1×10^{-3}	1×10^{-11}
....	....	....	1×10^{-5}	....
....	....	6	....	....
....	12	....	....	....
....	....	....	....	1×10^{-7}

الإجابة

التأثير	pOH	pH	$[OH^-]$	$[H^+]$
قاعدي	3	11	1×10^{-3}	1×10^{-11}
قاعدي	5	9	1×10^{-5}	1×10^{-9}
حمضي	8	6	1×10^{-8}	1×10^{-6}
حمضي	12	2	1×10^{-12}	1×10^{-2}
متعادل	7	7	1×10^{-7}	1×10^{-7}



هيدروكسيد الأمونيوم قاعدة ضعيفة تركيزها **(0.1 mol/L)** ، وثابت تأينها **$(K_b) = 1.6\times10^{-5}$** ، احسب ما يلي :

(١) درجة تأين القاعدة.
(٢) تركيز أيون الهيدروكسيل في المحلول القاعدي.
(٣) الرقم الهيدروكسيلي pOH للمحلول.
(٤) الرقم الهيدروجيني pH للمحلول

الإجابة

$$(1)\ \alpha = \sqrt{\frac{K_b}{C_b}} = \sqrt{\frac{1.6\times10^{-5}}{0.1}} = 0.0126$$

$$(2)\ [OH^-] = \sqrt{K_b \times C_b} = \sqrt{1.6\times10^{-5}\times0.1} = 1.26\times10^{-3}$$

$$(3)\ pOH = -\log[OH^-] = -\log(1.26\times10^{-3}) = 2.89$$

$$(4)\ pH = pK_w - pOH = 14 - 2.89 = 11.11$$



مثال ٣٤

أذيب 0.6 g من حمض الخليك في كمية من الماء حتى أصبح حجم المحلول 500 mL ، **فإذا علمت أن :** ثابت اتزان الحمض 1.8×10^{-5} ، احسب الأس الهيدروكسيلي لحمض الخليك. [H = 1 , C = 12 , O = 16]

الإجابة

الكتلة المولية لحمض الخليك $(CH_3COOH) = (2\times16) + (4\times1) + (2\times12) = 60$ g

عدد المولات = $\frac{\text{كتلة المادة}}{\text{كتلة المول}} = \frac{0.6}{60} = 0.01$ mol

حجم المحلول = $\frac{500}{1000} = 0.5$ L

تركيز الحمض (C_a) = $\frac{\text{عدد المولات}}{\text{حجم المحلول (L)}} = \frac{0.01}{0.5} = 0.02$ mol/L

$$[H^+] = \sqrt{K_a \times C_a} = \sqrt{1.8\times10^{-5}\times0.02} = 6\times10^{-4} \text{ mol/L}$$

$$pH = -\log[H^+] = -\log(6\times10^{-4}) = 3.22$$

$$pOH = 14 - pH = 14 - 3.22 = \mathbf{10.78}$$

مثال ٣٥

احسب قيمة الأس الهيدروكسيلي لمحلول 0.2 mol/L من حمض الأسيتيك نسبة تأينه 0.05 %

الإجابة

$\because$ درجة التأين $(\alpha) = \frac{0.05}{100} = 5\times10^{-4}$

$\therefore [H^+] = \alpha\times C_a = 5\times10^{-4}\times0.2 = 1\times10^{-4}$ mol/L

$\therefore pH = -\log[H^+] = -\log(1\times10^{-4}) = 4$

$\therefore pOH = 14 - pH = 14 - 4 = \mathbf{10}$

مثال ٣٦

احسب تركيز أيون الهيدروكسيل لحمض الأس الهيدروچيني له يساوي 3.5

الإجابة

$[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-3.5} = 3.16\times10^{-4}$ mol/L

$[OH^-] = \frac{1\times10^{-14}}{3.16\times10^{-4}} = \mathbf{3.16\times10^{-11}}$ **mol/L**

مثال ٣٧

احسب الأس الهيدروكسيلي لمحلول (0.005 mol/L) من حمض الكبريتيك.

الإجابة

$$H_2SO_{4(aq)} \xrightarrow{Water} 2H^+_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)}$$

0.005M　　0.01M　　0.005M

$\because [H^+] = 2\times C_a = 2\times0.005 = 0.01$ M

$\therefore pH = -\log[H^+] = -\log(0.01) = 2$

$\therefore pOH = 14 - pH = 14 - 2 = \mathbf{12}$

مثال ٣٨

احسب الأس الهيدروكسيلي والأس الهيدروچيني لمحلول (0.001 mol/L) من هيدروكسيد الصوديوم.

الإجابة

$$NaOH_{(aq)} \xrightarrow{Water} Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

0.001M　　0.001M　　0.001M

$\because [OH^-] = C_b = 0.001$ M

$\therefore pOH = -\log[OH^-] = -\log(0.001) = \mathbf{3}$

$\therefore pH = 14 - pOH = 14 - 3 = \mathbf{11}$

مثال ٣٩

أذيب 5.6 g من هيدروكسيد البوتاسيوم في كمية من الماء حتى أصبح حجم المحلول 200 mL
احسب قيمة الرقم الهيدروچيني لهذا المحلول. [K = 39 , O = 16 , H = 1]

الإجابة

الكتلة المولية لهيدروكسيد البوتاسيوم (KOH) = 1 + 16 + 39 = 56 g

عدد المولات = $\frac{\text{كتلة المادة}}{\text{كتلة المول}} = \frac{5.6}{56} = 0.1$ mol

حجم المحلول = $\frac{200}{1000} = 0.2$ L

تركيز هيدروكسيد البوتاسيوم (C_b) = $\frac{\text{عدد المولات}}{\text{حجم المحلول (L)}} = \frac{0.1}{0.2} = 0.5$ mol/L

∵ هيدروكسيد البوتاسيوم قلوي قوي تام التأين يتفكك تبعًا **للتفاعل التالي:**

$$KOH_{(aq)} \xrightarrow{water} K^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$
$$0.5M \qquad 0.5M \qquad 0.5M$$

$[OH^-] = C_b = 0.5$

$pOH = -\log [OH^-] = -\log (0.5) = 0.3$

$pH = 14 - pOH = 14 - 0.3 = \mathbf{13.7}$



وضح بالحسابات الكيميائية أيهما له pH أكبر (حمض الكبريتيك 0.1 M) أم (حمض النيتريك 0.1 M)
وماذا تستنتج من هذه الحسابات؟

الإجابة

حمض الكبريتيك قوي تام التأين تبعًا للتفاعل :

$$H_2SO_{4(aq)} \xrightarrow{water} 2H^+_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)}$$
$$0.1M \qquad 0.2M \qquad 0.1M$$

$\because [H^+] = 2 \times C_a = 2 \times 0.1 = 0.2$ M

$\therefore pH = -\log [H^+] = -\log (0.2) = \mathbf{0.7}$

حمض النيتريك قوي تام التأين تبعًا للتفاعل :

$$HNO_{3(aq)} \xrightarrow{water} H^+_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)}$$
$$0.1M \qquad 0.1M \qquad 0.1M$$

$\because [H^+] = C_a = 0.1$ M

$\therefore pH = -\log [H^+] = -\log (0.1) = \mathbf{1}$

∵ قيمة pH لحمض النيتريك (1) > قيمة pH لحمض الكبريتيك (0.7)
∴ حمض الكبريتيك أقوى من حمض النيتريك الذي له نفس التركيز.



إذا كانت قيمة pH لمحلول مائي يساوي 3.7 ، فإن تركيز أيون الهيدروكسيل $[OH^-]$ لهذا المحلول هو .... (تجريبي ٢١)

ⓐ 5.01×10^{-11} M
ⓑ 10.3 M
ⓒ 1.99×10^{-4} M
ⓓ 7.3 M

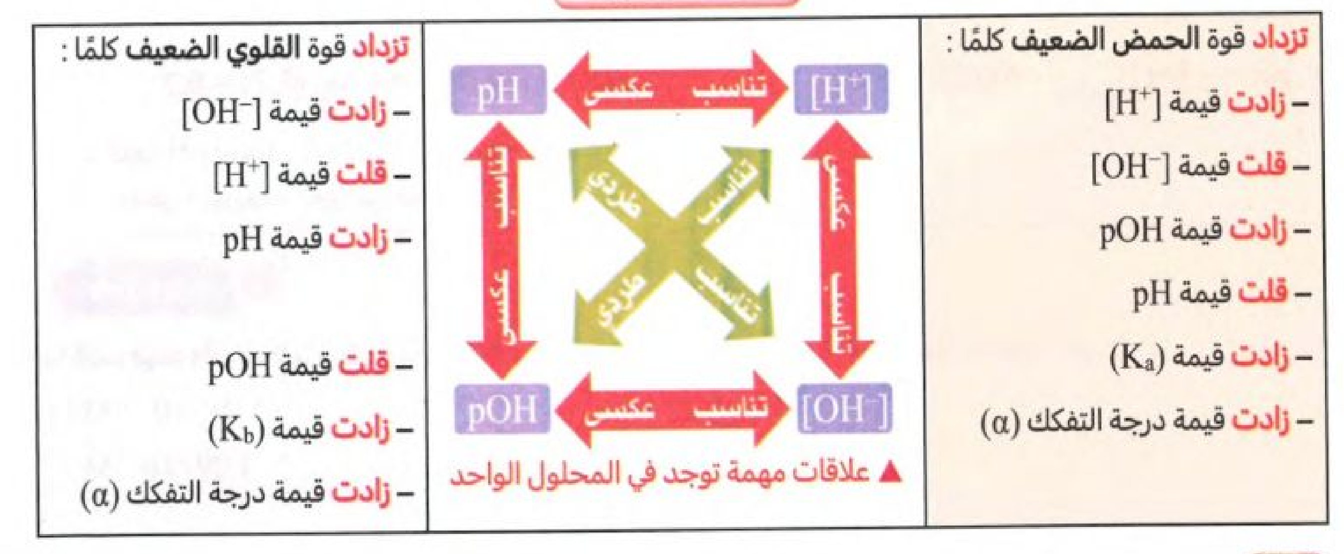
خلاصة القوانين

الحمض الضعيف		القاعدة الضعيفة	
درجة التفكك	$\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C_a}}$	درجة التفكك	$\alpha = \sqrt{\frac{K_b}{C_b}}$
ثابت التأين	$K_a = \alpha^2 \times C_a$ $K_a = \alpha \times [H^+]$ $K_a = \frac{[H^+]^2}{C_a}$	ثابت التأين	$K_b = \alpha^2 \times C_b$ $K_b = \alpha \times [OH^-]$ $K_b = \frac{[OH^-]^2}{C_b}$
تركيز أيون الهيدرونيوم	$[H_3O^+] = \sqrt{K_a \times C_a}$ $[H_3O^+] = 10^{-pH}$ $[H_3O^+] = \alpha \times C_a$ $[H_3O^+] = \frac{K_a}{\alpha}$ $[H_3O^+] = \frac{K_W}{[OH^-]} = \frac{1\times10^{-14}}{[OH^-]}$	تركيز أيون الهيدروكسيل	$[OH^-] = \sqrt{K_b \times C_b}$ $[OH^-] = 10^{-pOH}$ $[OH^-] = \alpha \times C_b$ $[OH^-] = \frac{K_b}{\alpha}$ $[OH^-] = \frac{K_W}{[H_3O^+]} = \frac{1\times10^{-14}}{[H_3O^+]}$
الأس الهيدروجيني	$pH = -\log [H_3O^+]$ $pH = pK_W - pOH$ $pH = 14 - pOH$	الأس الهيدروكسيلي	$pOH = -\log [OH^-]$ $pOH = pK_w - pH$ $pOH = 14 - pH$

$$[H_3O^+]\,[OH^-] = 1\times10^{-14}$$

$$pH + pOH = 14$$

علاقات مهمة



فإن قيمة pH للمادة (B)	إلى مادة (B)	عند إضافة مادة (A)
تزداد	حمض	ماء
		قلوي
تقل	قلوي	ماء
		حمض
يقل	ماء	حمض
يزداد		قلوي

الأحماض القوية أحادية البروتون	$[H^+] = C_a$
الأحماض القوية ثنائية البروتون	$[H^+] = 2 \times C_a$
القواعد القوية أحادية الهيدروكسيد	$[OH^-] = C_b$
القواعد القوية ثنائية الهيدروكسيل	$[OH^-] = 2 \times C_b$



عند تخفيف محلول مائي (بإضافة الماء) لحمض الأسيتيك الضعيف المتأين تبعًا للمعادلة التالية:

$$CH_3COOH_{(\ell)} + H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)}$$

فإن الاختيار الذي يدل عما حدث ....

الاختيار	عدد مولات أيونات H_3O^+	تركيز $[H_3O^+]$	درجة التوصيل الكهربي	pH
Ⓐ	يظل ثابت	يزداد	تزداد	تقل
Ⓑ	يقل	يقل	تقل	تظل ثابت
Ⓒ	يزداد	يقل	تزداد	تزداد
Ⓓ	يزداد	يزداد	تزداد	تقل



يذوب غاز كلوريد الهيدروجين في الماء مكونًا حمض هيدروكلوريك قوي طبقًا للمعادلة التالية:

$$HCl_{(g)} + H_2O_{(\ell)} \longrightarrow H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

وعند تخفيف المحلول المائي (بإضافة الماء) لحمض الهيدروكلوريك القوي فإن الاختيار الذي يدل عما حدث ....

الاختيار	عدد مولات أيونات H_3O^+	تركيز $[H_3O^+]$	درجة التوصيل الكهربي	pH
Ⓐ	يقل	يزداد	تقل	تقل
Ⓑ	يظل ثابت	يظل ثابت	تزداد	تظل ثابت
Ⓒ	يظل ثابت	يقل	لا تتأثر	تزداد
Ⓓ	يزداد	يزداد	تزداد	تقل

ثالثًا التحلل المائى للأملاح (التميؤ)

هي عملية تفاعل الملح مع الماء لتكوين الحمض والقلوي المشتق منهما الملح.

تجربة احضر أربع أنابيب اختبار وضع في الأولى محلول كربونات الصوديوم وفي الثانية محلول كلوريد الأمونيوم وفي الثالثة محلول أسيتات (خلات) الأمونيوم وفي الرابعة محلول كلوريد الصوديوم، واكشف عن المحاليل الأربعة بورق عباد الشمس وتأكد من صحة البيانات الموضحة في الجدول التالي.

التجربة		المشاهدة	الاستنتاج
① تأثير محلول كربونات الصوديوم	Na_2CO_3	تزرق ورقة عباد الشمس	المحلول قاعدي
② تأثير محلول كلوريد الأمونيوم	NH_4Cl	تحمر ورقة عباد الشمس	المحلول حمضي
③ تأثير محلول أسيتات الأمونيوم	CH_3COONH_4	لا تتأثر	المحلول متعادل
④ تأثير محلول كلوريد الصوديوم	$NaCl$	لا تتأثر	المحلول متعادل

ويمكن تفسير نتائج الجدول السابق كما يلي :

① التحلل المائي (تميؤ) ملح كربونات الصوديوم (ملح مشتق من حمض ضعيف و قاعدة قوية)

- يتأين الماء كإلكتروليت ضعيف ليعطي أيونات الهيدروچين (H^+) وأيونات الهيدروكسيل (OH^-)
- عند إذابة كربونات الصوديوم .. فإنها تتفكك إلى أيونات الصوديوم وأيونات الكربونات تبعًا للمعادلات التالية:

$$2H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons 2OH^-_{(aq)} + 2H^+_{(aq)}$$

$$Na_2CO_{3(s)} \rightleftharpoons 2Na^+_{(aq)} + CO_3^{2-}{}_{(aq)}$$

$$Na_2CO_{3(s)} + 2H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons 2Na^+_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)} + H_2CO_{3(aq)}$$

ويتضح من التفاعلات السابقة ما يلي :

- لا يتكون هيدروكسيد صوديوم؛ لأنه إلكتروليت قوي تام التأين فيزداد تركيز أيونات (OH^-) الناتجة من تأين الماء في المحلول، ولا يؤثر أيونات الصوديوم في اتزان الماء.
- يتكون حمض الكربونيك؛ لأنه إلكتروليت ضعيف غير تام التأين فيقل تركيز أيونات (H^+) الناتجة من تأين الماء لاتحادها مع أيونات الكربونات في المحلول.
- ولكي يسترجع الاتزان ثانية فإنه **تبعًا لقاعدة لوشاتيلييه** تتأين جزيئات أخرى من الماء لتعوض النقص في تركيز أيونات (H^+)
- ويترتب على ذلك تراكم أو زيادة تركيز أيونات (OH^-) ويصبح تركيزها أكبر من تركيز أيونات (H^+)
- وعلى ذلك يكون الرقم الهيدروچيني $(pH > 7)$ ويكون محلول كربونات الصوديوم قاعديًا.

المحلول المائي لكربونات الصوديوم قلوي التأثير على عباد الشمس ... علل؟

لأنه مشتق من قلوي قوي (هيدروكسيد صوديوم) وحمض ضعيف (حمض كربونيك) وعند ذوبانه في الماء يقل تركيز أيون الهيدروچين ويزداد تركيز أيون الهيدروكسيد طبقا لقاعدة لوشاتيلييه فيصبح المحلول قلوي.

٢ التحلل المائي (تميؤ) ملح كلوريد الأمونيوم (ملح مشتق من حمض قوى و قاعدة ضعيفة)

- يتأين الماء كإلكتروليت ضعيف ليعطي أيونات الهيدروچين (H^+) وأيونات الهيدروكسيل (OH^-)
- عند إذابة كلوريد الأمونيوم .. فإنها تتفكك إلى أيونات الكلوريد وأيونات الأمونيوم تبعًا للمعادلات التالية :

$$H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons OH^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$
$$NH_4Cl_{(s)} \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$
$$NH_4Cl_{(s)} + H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons NH_4OH_{(aq)} + H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

ويتضح من التفاعلات السابقة ما يلي :

- لا يتكون حمض الهيدروكلوريك؛ لأنه إلكتروليت قوي تام التأين فيزداد تركيز أيونات (H^+) الناتجة من تأين الماء في المحلول، ولا يؤثر أيونات الكلوريد في اتزان الماء.
- يتكون هيدروكسيد الأمونيوم؛ لأنه إلكتروليت ضعيف غير تام التأين فيقل تركيز أيونات (OH^-) الناتجة من تأين الماء لاتحادها مع أيونات الأمونيوم في المحلول.
- ولكي يسترجع الاتزان ثانية فإنه **تبعًا لقاعدة لوشاتيليه** تتأين جزيئات أخرى من الماء لتعوض النقص في تركيز أيونات (OH^-)
- ويترتب على ذلك تراكم أو زيادة تركيز أيونات (H^+) ويصبح تركيزها أكبر من تركيز أيونات (OH^-)
- وعلى ذلك يكون الرقم الهيدروچيني $(pH < 7)$ ويكون محلول كلوريد الأمونيوم حامضيًا.

المحلول المائي لكلوريد الأمونيوم حمضي التأثير على عباد الشمس ... علل؟

لأنه مشتق من حمض قوي (حمض الهيدروكلوريك) وقلوي ضعيف (هيدروكسيد الأمونيوم) وعند ذوبانه في الماء يقل تركيز أيون الهيدروكسيل ويزداد تركيز أيون الهيدروچين طبقًا لقاعدة لوشاتيليه فيصبح المحلول حمضي.

٣ التحلل المائي (تميؤ) ملح أسيتات الأمونيوم (ملح مشتق من حمض ضعيف و قلوى ضعيف)

- يتأين الماء كإلكتروليت ضعيف ليعطي أيونات الهيدروچين (H^+) وأيونات الهيدروكسيل (OH^-)
- عند إذابة أسيتات الأمونيوم .. فإنها تتفكك إلى أيونات الأسيتات وأيونات الأمونيوم تبعًا للمعادلات التالية:

$$H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$
$$CH_3COONH_{4(s)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + NH_4^+{}_{(aq)}$$
$$CH_3COONH_{4(s)} + H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons CH_3COOH_{(aq)} + NH_4OH_{(aq)}$$

- يتكون كل من حمض الأسيتيك وهيدروكسيد الأمونيوم ؛ لأن كلاهما إلكتروليت ضعيف غير تام التأين.
- مما يعني أن تركيز أيونات (H^+) يكافئ تركيز أيونات (OH^-)
- وعلى ذلك يكون الرقم الهيدروچيني $(pH=7)$ ويكون محلول أسيتات الأمونيوم متعادلًا.

المحلول المائي لأسيتات الامونيوم متعادل التأثير على عباد الشمس ... علل ؟

لأنه مشتق من حمض وقلوي كلاهما ضعيف هما حمض الأسيتيك وهيدروكسيد الأمونيوم ويكون تركيز أيون الهيدروچين = تركيز أيون الهيدروكسيد فيكون المحلول متعادل.



٤ التحلل المائي كلوريد الصوديوم (ملح مشتق من حمض قوى و قاعدة قوية)

- يتأين الماء كإلكتروليت ضعيف ليعطي أيونات الهيدروجين (H^+) وأيونات الهيدروكسيل (OH^-).
- عند إذابة كلوريد الصوديوم .. فإنها تتفكك إلى أيونات الصوديوم وأيونات الكلوريد تبعًا للمعادلات التالية :

$$H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons OH^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$

$$NaCl_{(s)} \longrightarrow Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

$$NaCl_{(s)} + H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} + H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

- لا يتكون أي من حمض الهيدروكلوريك أو هيدروكسيد الصوديوم ؛ لأن كلاهما إلكتروليت قوي تام التأين.
- مما يعني أن تركيز أيونات (H^+) يكافئ تركيز أيونات (OH^-)
- وعلى ذلك يكون الرقم الهيدروجيني $(pH=7)$ ويكون محلول كلوريد الصوديوم متعادلًا.

المحلول المائي لكلوريد الصوديوم متعادل التأثير على عباد الشمس ... علل ؟

لأنه مشتق من حمض وقلوي كلاهما قوي هما حمض الهيدروكلوريك وهيدروكسيد الصوديوم.
ويكون تركيز أيون الهيدروجين = تركيز أيون الهيدروكسيد فيكون المحلول متعادل.



صنف المحاليل المائية للمواد التالية إلى (حمضي ، قاعدي ، متعادل) **حسب دراستك** :

$[CH_3COOK - (NH_4)_2CO_3 - FeCl_3 - BaCl_2]$

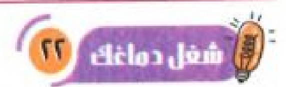
الإجابة

الحمضي : $FeCl_3$ ، القاعدي : CH_3COOK ، المتعادل : $(NH_4)_2CO_3 - BaCl_2$



يتميز المحلول المائي لأسيتات البوتاسيوم عن المحلول المائي لأسيتات الأمونيوم المساوي له في التركيز والحجم بأن .... (تجريبي ٢١)

(أ) قيمة $[OH^-]$ في محلول أسيتات البوتاسيوم أقل.
(ب) قيمة pOH لمحلول أسيتات الأمونيوم أقل.
(ج) قيمة pH في محلول أسيتات البوتاسيوم أقل.
(د) قيمة $[H_3O^+]$ في محلول أسيتات البوتاسيوم أقل.



عند إضافة قطرات من البروموثيمول الأزرق لمحلول أكسالات الصوديوم $Na_2C_2O_4$
فإن لون المحلول يكون .... (تجريبي ٢١)

(أ) أزرق. (ب) أصفر.
(ج) أخضر. (د) أحمر

رابعًا حاصل الإذابة

لكل ملح صلب حد معين للذوبان في الماء عند درجة حرارة معينة وعند الوصول لهذا الحد تصبح المادة المذابة في حالة اتزان ديناميكي مع المادة غير المذابة ويوصف المحلول حينئذ **بالمحلول المُشبع**، ويُطلق على تركيزه **درجة الذوبان**.

المحلول المُشبع
المحلول الذي تكون المادة المذابة فيه في حالة اتزان ديناميكي مع المادة غير المذابة.

درجة الذوبان
تركيز المحلول المُشبع من الملح شحيح الذوبان عند درجة حرارة معينة.



مدى ذوبانية الأملاح الصلبة في الماء واسع جدًا.

- ذوبانية نترات البوتاسيوم KNO_3 في الماء تساوي 31.6g/100g عند 20°C
- ذوبانية كلوريد الفضة AgCl في الماء تساوي 0.0016g/100g عند 20°C

فإذا أخذت كمية من بروميد الرصاص II ($PbBr_2$) ورُجت في الماء،
فإن كمية ضئيلة جدًا سوف تذوب ويتأين جزء منها وفقًا للمعادلة الآتية :

$$PbBr_{2(s)} \rightleftharpoons Pb^{2+}_{(aq)} + 2Br^{-}_{(aq)}$$

وبتطبيق قانون فعل الكتلة عليها فإن ثابت الاتزان :

$$K_{sp} = \frac{[Pb^{2+}][Br^{-}]^2}{[PbBr_2]}$$

وحيث أن تركيز $PbBr_2$ الصلب يظل ثابتًا تقريبًا فإن :

$$K_{sp} = [Pb^{2+}][Br^{-}]^2$$

حاصل الإذابة (K_{sp})
هو حاصل ضرب تركيز أيونات المركب مقدرة بالمول/لتر مرفوع كُل منها لأس يساوى عدد مولات الأيونات والتي توجد في حالة اتزان مع محلولها المُشبع.

ملاحظات
يتناسب حاصل الإذابة تناسبًا عكسيًا مع سرعة الترسيب.

مثال ٤٢

رتب المواد شحيحة الذوبان التالية والتي لها قيمة حاصل الإذابة الموضحة **تصاعديًا** حسب **سرعة الترسيب** :

① كبريتات الفضة Ag_2SO_4 (1.1×10^{-5})
② هيدروكسيد الخارصين $Zn(OH)_2$ (1.0×10^{-18})
③ هيدروكسيد الحديد III $Fe(OH)_3$ (1.0×10^{-36})
④ كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ (4.9×10^{-11})

الإجابة

كبريتات الفضة < كربونات الكالسيوم < هيدروكسيد الخارصين < هيدروكسيد الحديد III

مثال ٤٣

اكتب تعبيرًا لحاصل إذابة محلول مشبع من كبريتيد البزموت Bi_2S_3

الإجابة

$$Bi_2S_{3(s)} \rightleftharpoons 2Bi^{3+}_{(aq)} + 3S^{2-}_{(aq)}$$

$$K_{sp} = [Bi^{3+}]^2 [S^{2-}]^3$$



بفرض أن لدينا الاتزان التالي فإنه:

$$MA_{(s)} \rightleftharpoons M^{+}_{(aq)} + A^{-}_{(aq)}$$

① عندما تكون قيمة K_{sp} أكبر من حاصل ضرب تركيز الأيونات
فإن كمية أكبر من المادة الصلبة ستذوب قبل الوصول إلى الاتزان.

$K_{sp} > [M^{+}][A^{-}]$

② عندما تكون قيمة K_{sp} مساوية لحاصل ضرب تركيز الأيونات
يُقال إن المحلول مشبَّع.

$K_{sp} = [M^{+}][A^{-}]$

③ عندما تكون قيمة K_{sp} أصغر من حاصل ضرب تركيز الأيونات
يبدأ الراسب في التكون.

$K_{sp} < [M^{+}][A^{-}]$

- لا يحدث ترسيب إلا بعد أن يصبح المحلول مشبع.
- يحدث الاتزان بين الأيونات المذابة والمادة الصلبة غير المذابة.
- تتوقف قيمة حاصل الإذابة على درجة الحرارة.



أيُّ العبارات الآتية صواب عندما يكون حاصل تركيز الأيونات أعلى من حاصل الإذابة؟ ....

Ⓐ نتوقَّع أن المحلول غير مُشبَّع.
Ⓑ يبدأ تكوُّن راسبٍ ما.
Ⓒ ذوبان جزء أكبر من المادة.
Ⓓ يكون معدل الذوبان أقل من معدل الترسيب.



إذا كانت درجة ذوبان كلوريد الفضة AgCl هى 10^{-5} mol/L ، احسب قيمة حاصل الإذابة.

الإجابة

$$AgCl_{(s)} \rightleftharpoons Ag^{+}_{(aq)} + Cl^{-}_{(aq)}$$
$$\quad\quad\quad 10^{-5} \quad\quad 10^{-5}$$

$\therefore K_{sp} = [Ag^{+}]\,[Cl^{-}]$

$\therefore K_{sp} = 10^{-5} \times 10^{-5} = \mathbf{10^{-10}}$

مثال ٤٥

إذا كان تركيز أيون الباريوم (Ba^{2+}) عند الاتزان هي 1.04×10^{-5} mol/L
احسب قيمة حاصل الإذابة لكبريتات الباريوم $BaSO_4$

الإجابة

$$BaSO_{4(s)} \rightleftharpoons Ba^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)}$$
$$\quad\quad 1.04\times10^{-5} \quad 1.04\times10^{-5}$$

$\therefore K_{sp} = [Ba^{2+}]\,[SO_4^{2-}]$

$\therefore K_{sp} = (1.04\times10^{-5}) \times (1.04\times10^{-5}) = \mathbf{1.08\times10^{-10}}$



احسب قيمة حاصل إذابة هيدروكسيد الألومنيوم إذا كانت درجة ذوبانه 10^{-6} mol/L

الإجابة

$$Al(OH)_{3(s)} \rightleftharpoons Al^{3+}_{(aq)} + 3OH^-_{(aq)}$$
$$10^{-6} \qquad 3\times10^{-6}$$

$K_{sp} = [Al^{3+}][OH^-]^3 = (10^{-6}) \times (3\times10^{-6})^3 = 27\times10^{-24} = \mathbf{2.7\times10^{-23}}$



إذا كانت قيمة حاصل الإذابة (K_{sp}) لفلوريد الكالسيوم (CaF_2) هي 3.9×10^{-11}

احسب كل من : (١) درجة ذوبان فلوريد الكالسيوم في الماء مقدرة بـ (mol/L)

(٢) تركيز أيونات الفلوريد مقدرة بـ (mol/L)

(٣) درجة ذوبان فلوريد الكالسيوم في الماء مقدرة بـ (g/L) [Ca = 40 , F = 19]

الإجابة

$$CaF_{2(s)} \rightleftharpoons Ca^{2+}_{(aq)} + 2F^-_{(aq)}$$
$$x \qquad 2x$$

$\because [Ca^{2+}] = x$

$\because [F^-] = 2x$

أولًا : حساب درجة ذوبان فلوريد الكالسيوم (mol/L) :

$K_{sp} = [Ca^{2+}][F^-]^2$

$3.9\times10^{-11} = (x)(2x)^2 = 4x^3$

$x = \sqrt[3]{\frac{3.9\times10^{-11}}{4}} = \mathbf{2.14\times10^{-4}\ mol/L}$

ثانيًا : حساب تركيز أيون الفلوريد بوحدة (mol/L)

$[F^-] = 2x = 2 \times (2.14\times10^{-4}) = \mathbf{4.28\times10^{-4}\ mol/L}$

ثالثًا : حساب درجة ذوبان فلوريد الكالسيوم (g/L)

$\because 1\ mol\ (CaF_2) = 40 + (2\times19) = 78\ g/mol$

$\because x\ (g/L) =$ الكتلة المولية $\times\ x\ (mol/L)$

$\therefore x\ (g/L) = 78 \times (2.14\times10^{-4}) = 0.0167 = \mathbf{1.67\times10^{-2}\ g/L}$



لتسهيل حل مسائل حساب درجة الذوبانية (x) بمعلومية حاصل الإذابة K_{sp}

❶ المركبات ثنائية الأيون **مثل:** $CaCO_3 - BaSO_4 - AgCl - AgBr - CuS$ ⇦ $x = \sqrt{K_{sp}}$

❷ المركبات ثلاثية الأيون **مثل:** $CaF_2 - Fe(OH)_2 - Ag_2CrO_4 - Ag_2SO_3$ ⇦ $x = \sqrt[3]{\frac{K_{sp}}{4}}$

❸ المركبات رباعية الأيون **مثل:** $Fe(OH)_3 - Ag_3PO_4 - Al(OH)_3$ ⇦ $x = \sqrt[4]{\frac{K_{sp}}{27}}$

❹ المركبات خماسية الأيون **مثل:** $Ca_3(PO_4)_2 - Bi_2S_3 - Ba_3(PO_4)_2$ ⇦ $x = \sqrt[5]{\frac{K_{sp}}{108}}$



إذا علمت درجة الذوبانية لكرومات الفضة (Ag_2CrO_4) تساوي 6.62×10^{-5} M

فإن حاصل الإذابة له يساوي .... (مصر أول ٢١)

ⓐ 0.58×10^{-12} ⓑ 1.16×10^{-12}

ⓒ 2.32×10^{-12} ⓓ 3.48×10^{-12}

شغل دماغك ٢٥

إذا علمت أن حاصل الإذابة لملح كلوريد الفضة في محلول مُشبع حجمه 0.1 L عند درجة حرارة معينة

يساوي 2.56×10^{-6} فإن كتلة كلوريد الفضة الذائبة في المحلول تساوي .... [Ag = 108 , Cl = 35.5] (مصر ثان ٢١)

ⓐ 0.023 g ⓑ 0.0115 g

ⓒ 2.3×10^{-6} g ⓓ 1.15×10^{-6} g

شغل دماغك ٢٦

المعادلة التالية تعبر عن نظام في حالة اتزان: $AgCl_{(s)} \rightleftharpoons Ag^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$

أي من التغيرات التالية تحدث عند إضافة قطرات من أسيتات الرصاص II لهذا النظام؟ .... (تجريبي ٢١)

ⓐ يزيد تركيز أيون الكلوريد، وتقل سرعة التفاعل الطردي.

ⓑ يقل تركيز أيون الكلوريد، وتزداد سرعة التفاعل الطردي.

ⓒ يقل تركيز أيون الفضة، وتقل سرعة التفاعل العكسي.

ⓓ يزيد تركيز أيون الفضة، وتزداد سرعة التفاعل العكسي.



في المحلول المُشبع التالي: $AgCl_{(s)} \rightleftharpoons Ag^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$

كل مما يأتي يقلل من ذوبانية AgCl عند إضافته إليه **ماعدا** .... (تجريبي ٢١)

ⓐ $NH_4OH_{(aq)}$

ⓑ $AgNO_{3(aq)}$

ⓒ $NaCl_{(aq)}$

ⓓ $HCl_{(aq)}$

امتحان 3 الإتزان الكيميائي

30

أولاً الأسئلة الموضوعية (الاختيار من متعدد) "كل سؤال درجة واحدة"

١ أي من الأنظمة التالية غير انعكاسي؟ .... (مصر ثان ٢٢)

(أ) $CH_3COOH_{(\ell)} + H_2O_{(\ell)} = CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$

(ب) $AgCl_{(s)} = Ag^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$ (محلول مُشبع)

(جـ) $N_2O_{4(g)} = 2NO_{2(g)}$ (إناء مغلق)

(د) $Zn_{(s)} + 2HCl_{(aq)} = ZnCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$

٢ أي العبارات الآتية تمثل الشكل البياني التالي؟ .... (تجريبي ٢٣)

(أ) محلول كلوريد الصوديوم + محلول نترات الفضة.

(ب) مسامير حديد مغطاة بالزيت.

(جـ) مسامير حديد مغطاة بالماء.

(د) قطع ماغنسيوم + حمض هيدروكلوريك مخفف.

٣ الشكل البياني التالي يمثل حالة الاتزان: $A + 3B \rightleftharpoons 2C$ (تجريبي ٢٣)

فتكون قيمة K_c تساوي ....

(أ) 6.66

(ب) 14.81

(جـ) 0.9

(د) 15.49

٤ **في التفاعل المتزن التالي:** $PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$

إذا علمت أن عدد مولات PCl_5 ، PCl_3 ، Cl_2 عند الاتزان على الترتيب هو:

(0.0114 , 0.0114 , 0.008) وحجم الإناء 10L

فإن قيمة ثابت الاتزان K_c تكون .... (مصر أول ٢٢)

(أ) 615.5 (ب) 1.62×10^{-3}

(جـ) 16.24×10^{-3} (د) 61.55

٥ **في التفاعل المتزن التالي:** $2NO_{2(g)} \rightleftharpoons N_2O_{4(g)}$, $K_p = 20$

فإن قيمة K_p لتفكك 2 mol من N_2O_4 ، تساوي .... (مصر أول ٢٢)

(أ) 40 (ب) 25×10^{-3} (جـ) 2.5×10^{-3} (د) 400

⑥ **في التفاعل المتزن التالي:**

$A_{2(g)} + B_{2(g)} \rightleftharpoons 2AB_{(g)}$

إذا كان معدل تكون غاز AB (at 25°C) يساوي (3L/sec)

عند رفع درجة حرارة التفاعل إلى (45°C) فإن معدل تكوين غاز AB يساوي .... (مصر أول ٢٣)

Ⓐ 12 L/sec Ⓑ 6 L/sec Ⓒ 5.4 L/sec Ⓓ 9 L/sec

⑦ **في التفاعل التالي:**

$CO_{(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons COCl_{2(g)}$

وضعت كمية من $Cl_{2(g)}$ في دورق به $CO_{(g)}$ ، وعند حالة الاتزان كان الضغط داخل الدورق (1.2 atm)

إذا علمت أن الضغوط الجزيئية للغازات الثلاثة متساوية فإن K_p تساوي .... (مصر ثان ٢٣)

Ⓐ 1 Ⓑ 2.5 Ⓒ 0.4 Ⓓ 0.16

⑧ **من التفاعل المتزن التالي:**

$4NH_{3(g)} + 3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2N_{2(g)} + 6H_2O_{(v)}\ ,\ K_p = 15.47$

فإذا كانت الضغوط الجزئية لكل من: (النشادر 1.5 atm ، الأكسجين 1.16 atm ، بخار الماء 2.4 atm)

فإن الضغط الجزئي للنيتروجين يساوي .... (تجريبي ٢٣)

Ⓐ 2.4 atm Ⓑ 1.6 atm Ⓒ 0.8 atm Ⓓ 0.64 atm

⑨ **في التفاعل المتزن التالي:**

$4NH_{3(g)} + 3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2N_{2(g)} + 6H_2O_{(v)}$

عند إضافة قليل من خليط $(O_{2(g)} + 2N_{2(g)})$ للتفاعل المتزن السابق فإنه ينشط في الاتجاه .... (مصر أول ٢٣)

Ⓐ الطردي ويزداد $[NH_3]$

Ⓑ العكسي ويقل $[O_2]$

Ⓒ العكسي ويزداد $[NH_3]$

Ⓓ الطردي ويقل $[N_2]$

⑩ **في التفاعل المتزن التالي:**

$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}\ ,\ \Delta H = -92\ kJ$

يزاح التفاعل في اتجاه تكوين غاز الأمونيا عند .... (مصر ثان ٢٣)

Ⓐ إضافة المزيد من غاز النيتروچين وخفض درجة الحرارة.

Ⓑ سحب غاز النيتروچين وزيادة الضغط.

Ⓒ إضافة المزيد من غاز الهيدروچين ورفع درجة الحرارة.

Ⓓ سحب غاز الهيدروچين وتقليل الضغط.

⑪ **في التفاعل التالي:**

$\frac{1}{2}N_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} + E \rightleftharpoons NO_{(g)}$

يمكن زيادة معدل تفكك أكسيد النيتريك من خلال .... (مصر ثان ٢٣)

Ⓐ سحب النيتروچين، ورفع درجة الحرارة.

Ⓑ إضافة الأكسچين، وزيادة الضغط.

Ⓒ سحب النيتروچين، وخفض درجة الحرارة.

Ⓓ إضافة الأكسچين، وتقليل الضغط.

١٢ **في التفاعل المتزن الآتي:** $N_2H_{4(g)} \rightleftharpoons N_{2(g)} + 2H_{2(g)} + Heat\ ,\ K_c = 0.04$

إذا علمت أن : $[N_2H_4] = 0.1\ M\ , [H_2] = 0.2\ M$

فيكون $[N_2]$ عند رفع درجة الحرارة يساوي .... (مصر أول ٢٣)

(أ) $0.08\ M$ (ب) $0.2\ M$ (ج) $0.3\ M$ (د) $0.1\ M$

---

١٣ إذا علمت ان ثابت التأين (K_a) لحمض ضعيف أحادي البروتون تساوي 5.1×10^{-4}

وتركيزه $0.2\ M$ في محلول حجمه $200\ mL$ ، فإن عدد المولات المفككة يساوي .... (مصر أول ٢٣)

(أ) $0.04\times10^{-2}\ mol$ (ب) $1.01\times10^{-3}\ mol$

(ج) $5.05\times10^{-2}\ mol$ (د) $2.02\times10^{-3}\ mol$

---

١٤ محلول حمض أحادي البروتون يحتوي على $0.2\ mol$ في حجم $(V)\ L$ ، إذا كان $K_a = 3.5\times10^{-8}$ ،

وعدد المولات المفككة فيه $0.002\ mol$ ، فإن قيمة pH للحمض تساوي .... (مصر ثان ٢٣)

(أ) 3.5×10^{-6} (ب) 5.455 (ج) 8.544 (د) 6.5×10^{-7}

---

١٥ إذا علمت أن الحاصل الأيوني للماء يتغير بتغير درجة الحرارة، وفي ظروف معينة من الحرارة

وجد أن قيمة $K_W = 0.49\times10^{-13}$ ، فإن قيمة pOH للماء في هذه الحالة هي .... (مصر ثان ٢٣)

(أ) 5.65 (ب) 7 (ج) 7.13 (د) 6.65

---

١٦ للتمييز بين محلولين كليهما أزرق اللون، أحدهما به دليل عباد الشمس، والآخر به دليل أزرق بروموثيمول

يمكن استخدام محلول .... (مصر ثان ٢٣)

(أ) NH_4Cl (ب) NH_4NO_2 (ج) K_3BO_3 (د) $NaCl$

ثانيًا | الأسئلة الموضوعية (الاختيار من متعدد) "كل سؤال درجتان"

١٧ أضيف محلول قيمة pOH له تساوي 11 إلى دليلين (X) ، (Y) فلوحظ الآتي:

(X) : عديم اللون. (Y) أحمر اللون.

فإن الدليلين (X) ، (Y) هما .... (مصر أول ٢٣)

(أ) (X) : فينولفيثالين ، (Y) : الميثيل البرتقالي.

(ب) (X) : فينولفيثالين ، (Y) : البروموثيمول.

(ج) (X) : الميثيل البرتقالي ، (Y) : عباد الشمس.

(د) (X) : عباد الشمس ، (Y) : البروموثيمول.

---

١٨ عند إضافة HCl إلى النظام المتزن المعبر عنه بالمعادلة التالية: $AgCl_{(s)} \rightleftharpoons Ag^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$

فإن التغير الحادث هو .... (مصر أول ٢٢)

(أ) يزداد تركيز Ag^+ وتقل كمية $AgCl_{(s)}$ (ب) تزداد قيمة K_c

(ج) تقل قيمة K_c (د) يقل تركيز Ag^+ وتزداد كمية $AgCl_{(s)}$

⑲ **في النظام المتزن التالي:** $K_2CO_{3(s)} + 2H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons 2K^+_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)} + H_2CO_{3(aq)}$

عند إضافة قطرات من محلول $CaCl_2$ إليه فإن النظام يسير في الاتجاه .... (مصر أول ٢٣)

(أ) الطردي ويزداد ذوبانية K_2CO_3
(ب) الطردي ويقل ذوبانية K_2CO_3
(ج) العكسي ويزداد ذوبانية K_2CO_3
(د) العكسي ويقل ذوبانية K_2CO_3

---

⑳ إذا علمت أن K_{sp} للملح (XY_2) هو 1.6×10^{-10}

فإن عدد مولات الملح اللازم إذابتها في الماء لعمل محلول مُشبع حجمه 2L عند 25°C تساوي .... (مصر ثان ٢٣)

(أ) 5.2×10^{-5} mol
(ب) 6.84×10^{-4} mol
(ج) 2.5×10^{-5} mol
(د) 3.42×10^{-4} mol

㉑ إذا علمت أن ثابت تأين حمض البيريوديك هو 14.44×10^{-5} عند درجة حرارة 25°C

وأن تركيز الحمض 3.8×10^{-3}M ، فإن قيمة pOH له تساوي .... (مصر أول ٢٢)

(أ) 2.22
(ب) 3.13
(ج) 10.87
(د) 11.78

㉒ إذا علمت أن حاصل الإذابة لكبريتيد الخارصين $K_{sp} = 1\times10^{-21}$

والكتلة المولية له 97 g/mol عند درجة حرارة 25°C

فإن كتلة كبريتيد الخارصين التي تذوب في 100 g من الماء النقي هي .... (مصر أول ٢٣)

(أ) 6.034×10^{-10} g
(ب) 31.6×10^{-12} g
(ج) 2×10^{-21} g
(د) 3.067×10^{-10} g

ثالثًا الأسئلة المقالية (يتم الإجابة عليها بورقة الإجابة المخصصة لها) "سؤال بدرجتين"

㉓ مركب قاعدي ثنائي الهيدروكسيد شحيح الذوبان في الماء،

فإذا كانت قيمة pH لهذا المركب تساوي 8 ، استنتج قيمة K_{sp} له. (تجريبي ٢٣)

....

....

....

....

....

....

....

....

انتهت الأسئلة



الباب الرابع

الكيمياء الكهربية

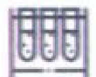
- الدرس 1 خلية دانيال
- الدرس 2 سلسلة الجهود الكهربية
- الدرس 3 الخلايـا الجلفانيـة
- الدرس 4 تآكل المعـادن
- الدرس 5 الخلايا التحليلية (الإلكتروليتيـة)
- الدرس 6 قوانيـن فـاراداي





مخرجات تعلم الباب الرابع

بعد دراسة هذا الباب يجب أن يكون الطالب قادرًا على أن:



١ يميز بين مفهوم الأكسدة والاختزال ويذكر أمثلة لكل منهما.

٢ يحدد عمليات الأكسدة والاختزال في التفاعلات الكيميائية.

٣ يستخدم عدد التأكسد في تحديد التغير الحادث لذرة العنصر من حيث التأكسد والاختزال.

٤ يفسر التفاعلات التي تحدث في الخلية الجلفانية ودور القنطرة الملحية.

٥ يكتب الرمز الاصطلاحي للخلية الجلفانية.

٦ يستخدم قطب الهيدروچين القياسي في قياس جهود الأقطاب الأخرى.

٧ يتعرف سلسلة الجهود الكهربية اعتمادًا على قيمة الجهد الكهربي.

٨ يستخدم سلسلة الجهود الكهربية في تحديد نوع التفاعل (تلقائي أم غير تلقائي).

٩ يحسب القوة الدافعة الكهربية للخلية الجلفانية.

١٠ يتعرف أنواع مختلفة من الخلايا الجلفانية.

١١ يحدد أهمية تفاعلات الأكسدة والاختزال وتطبيقاتها في الحياة (مثل صدأ الحديد وطرق الوقاية منه).

١٢ يفسر التفاعلات التي تحدث في الخلايا التحليلية.

١٣ يحقق قانون فاراداي عمليًا.

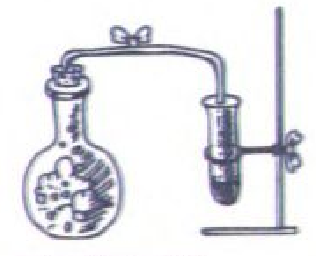
١٤ يحسب كمية المادة المترسبة باستخدام قوانين فاراداي.

١٥ يميز بين الخلايا الجلفانية والخلايا الإلكتروليتية.

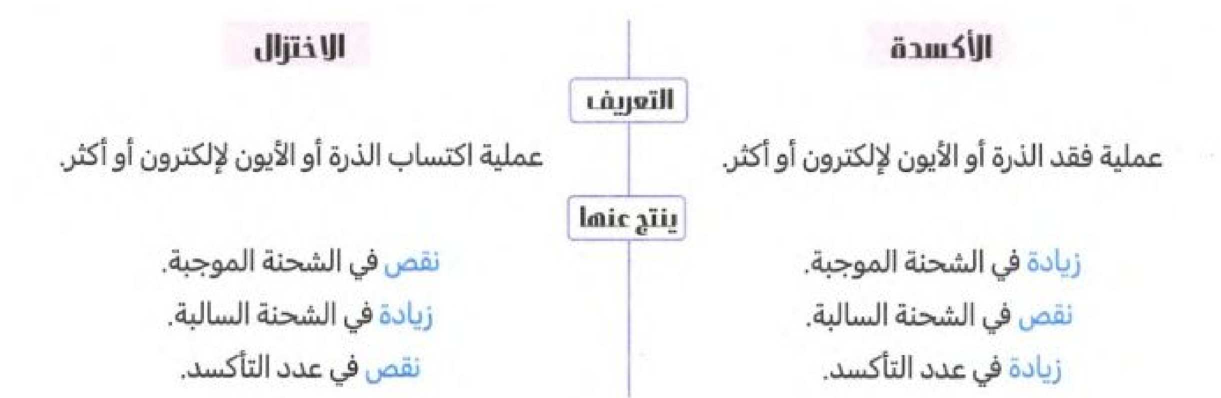
١٦ يتعرف على تطبيقات الخلايا الإلكتروليتية.

١٧ يحدد بعض المشكلات البيئية الناتجة عن تفاعلات الأكسدة والاختزال واقتراح حلول لها.





تراكم معرفي لفهم الكيمياء الكهربية

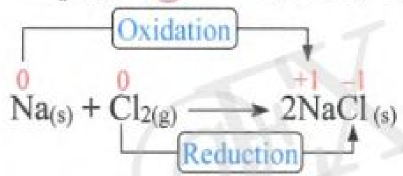


الأكسدة		الاختزال
عملية فقد الذرة أو الأيون لإلكترون أو أكثر.	التعريف	عملية اكتساب الذرة أو الأيون لإلكترون أو أكثر.
زيادة في الشحنة الموجبة.	ينتج عنها	نقص في الشحنة الموجبة.
نقص في الشحنة السالبة.		زيادة في الشحنة السالبة.
زيادة في عدد التأكسد.		نقص في عدد التأكسد.

قاعدة حل التغير الحادث من أكسدة واختزال لعنصر معين

* يتم حساب عدد التأكسد للعنصر المطلوب في الذرة أو الجزيء أو الأيون قبل وبعد التفاعل فلو حدث للعنصر :

(١) زيادة في عدد التأكسد دل على حدوث **(أكسدة)**. (٢) نقص في عدد التأكسد دل على حدوث **(اختزال)**.



$$\overset{0}{Na}_{(s)} + \overset{0}{Cl}_{2(g)} \longrightarrow 2\overset{+1}{Na}\overset{-1}{Cl}_{(s)}$$

* **تفاعلات الإحلال المزدوج بجميع أنواعها لا يحدث بها أكسدة أو اختزال.**

$$\overset{+1}{Na}\overset{-1}{Cl}_{(aq)} + \overset{+1}{Ag}\overset{-1}{NO_3}_{(aq)} \longrightarrow \overset{+1}{Na}\overset{-1}{NO_3}_{(aq)} + \overset{+1}{Ag}\overset{-1}{Cl}_{(s)}$$

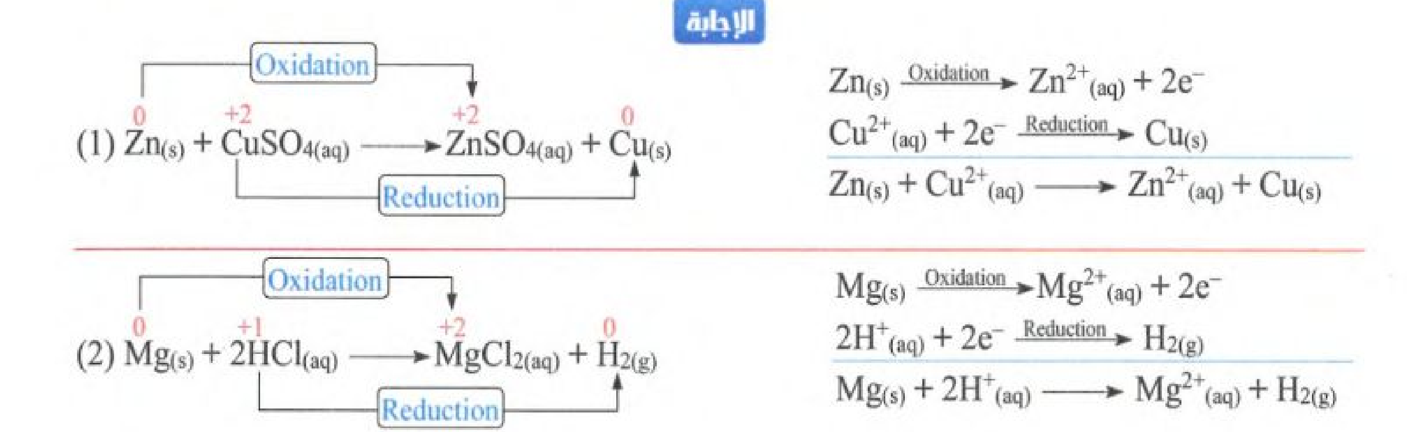


اكتب نصف تفاعل الأكسدة ونصف تفاعل الاختزال ومجموع تفاعلي الأكسدة والاختزال لكل من التفاعلات التالية :

(1) $Zn_{(s)} + CuSO_{4(aq)} \longrightarrow ZnSO_{4(aq)} + Cu_{(s)}$

(2) $Mg_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow MgCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$

الإجابة



(1) $\overset{0}{Zn}_{(s)} + \overset{+2}{Cu}SO_{4(aq)} \longrightarrow \overset{+2}{Zn}SO_{4(aq)} + \overset{0}{Cu}_{(s)}$

$$Zn_{(s)} \xrightarrow{Oxidation} Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$$
$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \xrightarrow{Reduction} Cu_{(s)}$$
$$Zn_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + Cu_{(s)}$$

(2) $\overset{0}{Mg}_{(s)} + 2\overset{+1}{H}Cl_{(aq)} \longrightarrow \overset{+2}{Mg}Cl_{2(aq)} + \overset{0}{H}_{2(g)}$

$$Mg_{(s)} \xrightarrow{Oxidation} Mg^{2+}_{(aq)} + 2e^-$$
$$2H^+_{(aq)} + 2e^- \xrightarrow{Reduction} H_{2(g)}$$
$$Mg_{(s)} + 2H^+_{(aq)} \longrightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}$$



الطاقة الكهربية : من أهم أنواع صور الطاقة وأكثرها صداقة للبيئة.

الكيمياء الكهربية

العلم الذي يهتم بدراسة التحول المتبادل بين الطاقة الكيميائية والطاقة الكهربية من خلال تفاعلات الأكسدة والاختزال.

تفاعلات الأكسدة والاختزال

التفاعلات التي تنتقل فيها الإلكترونات من أحد المواد المتفاعلة إلى المادة الأخرى الداخلة معها في تفاعل كيميائي.

الخلايا الكهروكيميائية

خلايا جلفانية

أنظمة يتم فيها تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربية من خلال تفاعلات أكسدة – اختزال تلقائية.

خلايا تحليلية (إلكتروليتية)

أنظمة يتم فيها تحويل الطاقة الكهربية إلى طاقة كيميائية من خلال تفاعلات أكسدة – اختزال غير تلقائية.

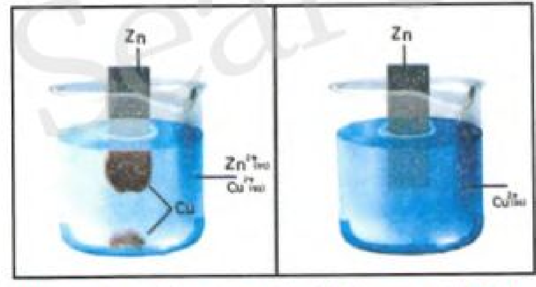
طاقة كيميائية ⇄ **طاقة كهربية** (خلايا جلفانية: من الطاقة الكيميائية إلى الطاقة الكهربية – خلايا تحليلية: من الطاقة الكهربية إلى الطاقة الكيميائية)

أولًا الخلايا الجلفانية

تجربة تبين أحد تفاعلات الأكسدة والاختزال

الخطـوات :

اغمس صفيحة من الخارصين في محلول كبريتات النحاس II (زرقاء).



▲ شكل توضيحي لتفاعل الخارصين مع أيونات النحاس II

المشاهدة :

١) الخارصين بدأ في الذوبان في المحلول.

٢) النحاس بدأ يترسب على سطح صفيحة الخارصين.

٣) إذا استمر ذلك لفترة طويلة فإن لون كبريتات النحاس II قد يقل وربما يصبح عديم اللون ويزداد ذوبان الخارصين.

الاستنتاج : حدوث تفاعل أكسدة واختزال تلقائي.

تفاعل الأكسدة والاختزال الحادث :

$$\overset{0}{Zn}_{(s)} + \overset{+2}{Cu}_{(aq)} \longrightarrow \overset{+2}{Zn}_{(aq)} + \overset{0}{Cu}_{(s)}$$

Oxidation ($Zn \rightarrow Zn$) – Reduction ($Cu \rightarrow Cu$)



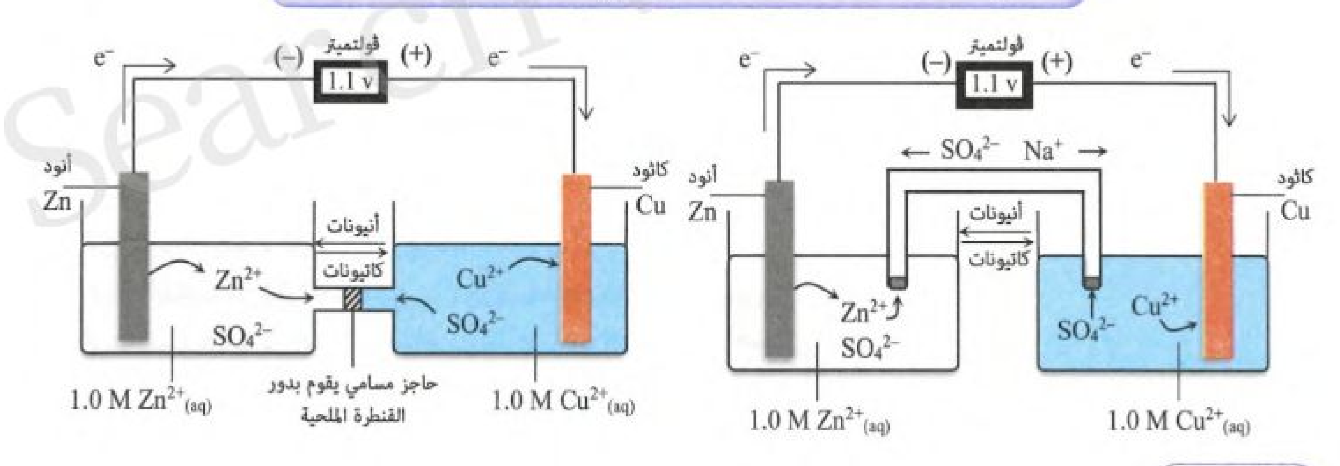
هذا التفاعل يتكون من نصفي تفاعل (أي يتم على خطوتين).

	عمليــة الأكســدة	عمليــة الاختــزال
وصف التفاعل	تفقد كل ذرة خارصين (Zn) إلكترونين وتتحول إلى أيون الخارصين (Zn^{2+}) الذي يترك سطح صفيحة الخارصين ويذوب وينتشر في المحلول.	يكتسب كل أيون نحاس II (Cu^{2+}) في المحلول إلكتروني الخارصين ويتحول لفلز النحاس (Cu) الذي يترسب على سطح صفيحة الخارصين.
معادلة التفاعل	$Zn^{\circ}_{(s)} \xrightarrow{\text{Oxidation}} Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$	$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \xrightarrow{\text{Reduction}} Cu^{\circ}_{(s)}$
التفاعل الكلي	$Zn^{\circ}_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + Cu^{\circ}_{(s)}$	
التعريـــف	عملية فقد الذرة أو الأيون لإلكترون أو أكثر. **ينتج عنها :** – زيادة في الشحنة الموجبة. – نقص في الشحنة السالبة. – زيادة في عدد التأكسد.	عملية اكتساب الذرة أو الأيون لإلكترون أو أكثر. **ينتج عنها :** – زيادة في الشحنة السالبة. – نقص في الشحنة الموجبة. – نقص في عدد التأكسد.



- النتيجة النهائية في هذا التفاعل هي انتقال الإلكترونات من ذرات الخارصين إلى أيونات النحاس II
- هذا التفاعل يتوقف بعد فترة نتيجة عزل سطح الخارصين.
- نجح العلماء في ترتيب نظام (يعرف بالخلية الجلفانية) يتم فيه فصل مكونات نصفي الخلية مع اتصالهما بقنطرة ملحية وسلك تسري فيه الإلكترونات وبذلك نحصل على تيار كهربي.

خليــة دانيــال (مثــال تطبيقــي للخلايــا الجلفانيــة)



التركيب

نصف خلية الخارصين	لوح من فلز الخارصين **(قطب الخارصين)** مغمور في إلكتروليت من محلول أحد أملاحه مثل كبريتات الخارصين ($ZnSO_4$) ، ويُعرف بالمصعد أو الأنود (Anode) وهو القطب السالب في الخلية.
نصف خلية النحاس	لوح من فلز النحاس **(قطب النحاس)** مغمور في إلكتروليت من محلول أحد أملاحه مثل كبريتات النحاس ($CuSO_4$) ، ويُعرف بالمهبط أو الكاثود (Cathode) وهو القطب الموجب في الخلية.
القنطرة الملحية	أنبوبة زجاجية على شكل حرف (U) تُملأ بمحلول إلكتروليتي (مثل : كبريتات الصوديوم Na_2SO_4) لا يتفاعل مع محلولي نصفي الخلية ولا مع الاقطاب.
سلك معدني	يقوم بالتوصيل بين قطبي الخلية.



التشغيل والتفاعلات

عند توصيل قطبي الخلية بسلك معدني موصل يحدث مرور تيار كهربي.

ويمكن توضيح **تفاعلات الأكسدة والاختزال** الحادث في هذه الخلية فيما يلي :

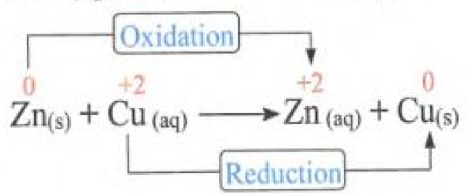
① عند المصعد (الأنود) : يتأكسد الخارصين بفقد إلكترونين ليتحول إلى أيون الخارصين الموجب ويذوب في المحلول.

$$Zn^{\circ}_{(s)} \xrightarrow{Oxidation} Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^{-}$$

② عند الكاثود (المهبط) : يختزل كاتيون النحاس II الموجودة في المحلول باكتساب الإلكترونين المفقودين من الخارصين

$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \xrightarrow{Reduction} Cu^{\circ}_{(s)}$$

③ تفاعل الأكسدة والاختزال الحادث : مجموع تفاعلي نصفي الخلية.





مخطط يوضح حركة الإلكترونات والكاتيونات والأنيونات بين قطبي الخلية الجلفانية أثناء التشغيل

أسئلة مهمة ... ؟

① ما التغيرات التي تطرأ على كل من الأنود والكاثود عند تشغيل خلية دانيال ؟

– **الأنود** يقل وزن الأنود ويزداد تركيز محلوله.

– **الكاثود** يزداد وزن الكاثود ويقل تركيز محلوله.

② متى تتوقف خلية دانيال عن انتاج التيار الكهربي ؟

عندما يذوب كل فلز الخارصين $Zn^{\circ}_{(s)}$ في نصف خلية الخارصين.

أو عندما تنضب كل أيونات النحاس $Cu^{2+}_{(aq)}$ في نصف خلية النحاس.

③ ما أهمية القنطرة الملحية ؟

– تقوم بالتوصيل بين محلولي نصفي الخلية بطريقة غير مُباشرة.

– تقوم بمعادلة الأيونات الموجبة والسالبة الزائدة التي تتكون في محلولي نصفي الخلية ، نتيجة تفاعلات الأكسدة والاختزال في نصف خلية الخارصين ونصف خلية النحاس على التوالي.

④ ماذا يحدث في حالة غياب القنطرة الملحية ؟

يؤدي إلى توقف تفاعل الأكسدة والاختزال وبالتالي يتوقف مرور التيار الكهربي في السلك الخارجي.

⑤ ما هي الشروط الواجب توافرها في المادة المستخدمة كإلكتروليت في القنطرة الملحية؟

1. إلكتروليت قوي.
2. لا يتفاعل مع محلولي نصفي الخلية.
3. لا يتفاعل مع الأقطاب.



يمكن استخدام جميع المحاليل التالية كإلكتروليت في القنطرة الملحية في خلية دانيال **ماعدا** ....

Ⓐ محلول نترات البوتاسيوم.
Ⓑ محلول كبريتات الصوديوم.
Ⓒ محلول أسيتات الرصاص II
Ⓓ محلول كلوريد الصوديوم.

الرمز الاصطلاحي

تعبير رمزي مختصر يعبر عن تفاعلي الأكسدة والاختزال الحادثين عند الأنود والكاثود في الخلية الجلفانية.

نصف خلية الأنود — اتجاه مرور الإلكترونات ← — نصف خلية الكاثود

القطب السالب $Zn^{\circ} / Zn^{2+}_{(XM)} // Cu^{2+}_{(XM)} / Cu^{\circ}$ القطب الموجب

تركيز محلول نصف خلية الأنود — تركيز محلول نصف خلية الكاثود

الحد الفاصل بين محلولي نصفي الخلية (أو القنطرة الملحية).

الحد الفاصل بين قطب العنصر والمحلول الإلكتروليتي لأيوناته.



اكتب **الرمز الاصطلاحي** و**العامل المؤكسد** و**العامل المختزل** للخلية الجلفانية التي يحدث فيها التفاعل التالي :

$$Zn_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow ZnCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$$

الإجابة

الرمز الاصطلاحي : $Zn / Zn^{+2} // 2H^{+} / H_2$

العامل المؤكسد : أيونات الهيدروجين (H^{+})
العامل المختزل : ذرات الخارصين (Zn)



من الرمز الاصطلاحي للخلية الجلفانية (مثل خلية دانيال) يمكن:

① كتابة التفاعل الذي يحدث عند كل قطب.
② كتابة المواد الداخلة في التفاعل والناتجة من التفاعل.
③ كتابة التفاعل الكلي للخلية.
④ استنتاج العامل المؤكسد والعامل المختزل.

شغل دماغك ٢

يمثل الرمز الاصطلاحي التالي إحدى الخلايا الجلفانية: $Zn / Zn^{2+} // Fe^{2+} / Fe$

ونستدل من هذا الرمز على أن .... (مصر ثان ١٩)

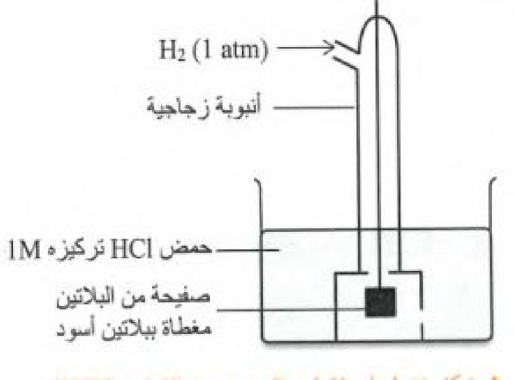
Ⓐ الخارصين هو الكاثود.
Ⓑ الحديد هو الكاثود.
Ⓒ الاختزال يحدث عند قطب الخارصين.
Ⓓ الأكسدة تحدث عند قطب الحديد.

الدرس 2 سلسلة الجهود الكهربية

قياس جهود الأقطاب

قطب الهيدروجين القياسي (SHE)

فكرة العمل



▲ شكل تخطيطي لقطب الهيدروجين القياسي (SHE)

- لكي يتولد تيار كهربي من الخلية الجلفانية لابد أن يكون الأنود والكاثود من عنصرين مختلفين حتى ينشأ فرق في الجهد بينهما يعمل على دفع التيار الكهربي.
- لا توجد طريقة مؤكدة ومباشرة لقياس الفرق المُطلق في الجهد الكهربي بين قطب فلز ومحلول أيوناته في الخلية الجلفانية (جهد القطب المفرد) ، في حين أن الفرق بين جهدي قطبي الخلية الجلفانية يمكن قياسه بسهوله.
- لقياس الجهد الكهربي لفلز لابد من تكوين خلية جلفانية من قطبين أحدهما القطب المراد قياس جهده والآخر قطب قياسي ذو جهد ثابت ومعلوم ثم قياس القوة الدافعة الكهربية للخلية (جهد الخلية) ومنها يمكن حساب جهد القطب غير المعلوم.
- اتفق العلماء على استخدام قطب الهيدروچين القياسي كمقياس لقياس جهود العناصر الاخرى لأن جهده يساوي صفر.

جهد قطب الهيدروچين القياسي

فرق الجهد بين الهيدروچين وأيوناته في محلول مولاري من أيوناته ويساوي Zero

التركيب

(١) صفيحة من البلاتين **($1cm^2$)** مغطاة بطبقة إسفنجية من البلاتين الأسود ومغمورة في محلول واحد مولاري **(1M)** من أي حمض قوي.

(٢) يمرر عليها تيار من غاز الهيدروچين تحت ضغط ثابت **(1 atm)**

ملحوظة : يسمى قطب الهيدروچين في هذه الظروف بقطب الهيدروچين القياسي ويرمز له بالرمز (SHE)

الرمز الاصطلاحي

- عندما يكون أنـود (في حالة الأكسـدة) : $Pt.H_{2(1atm)} / 2H^+_{(1M)}$
- عندما يكون كاثود (في حالة الاختزال) : $2H^+_{(1M)} / Pt.H_{2(1atm)}$

سؤال مهم

س : متى يساوي جهد قطب الهيدروچين الصفر ؟

ج : عندما يكون ضغط غاز الهيدروچين (H_2) يساوي 1 atm ، وتركيز الحمض القوي المُستخدم (1 M)

علل ... ؟

① في الخلية الجلفانية لابد أن يكون القطبين من عنصرين مختلفتين.

حتى يتولد فرق جهد بينهما يعمل على دفع التيار الكهربي عبر سلك التوصيل الخارجي.

② لا يمكن قياس فرق الجهد بين الفلز ومحلول أيوناته منفردًا.

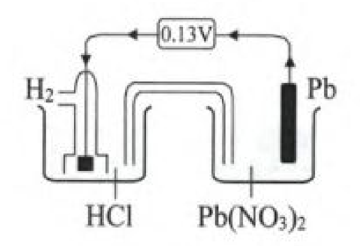
لأنه يمثل نصف خلية فقط لذا يجب توصيله بنصف آخر معلوم الجهد وهو قطب الهيدروچين.

③ يستخدم قطب الهيدروچين كقطب قياسي لقياس جهود أقطاب العناصر الأخرى.

لأن جهد قطب الهيدروچين يساوي صفر لذلك يكون فرق الجهد المقاس مساويًا للجهد الكهربي للقطب غير المعلوم.



من الشكل المقابل، ما الذي تشير إليه قراءة الفولتميتر؟ ....



Ⓐ تُشير إلى جهد اختزال المهبط.

Ⓑ تُشير إلى جهد اختزال Pt

Ⓒ تُشير إلى جهد تأكسد Pb

Ⓓ تُشير إلى جهد اختزال Pb

سلسلة الجهود الكهربية للعناصر

تمكن العلماء من قياس الجهود القطبية القياسية (E°) لأنصاف الخلايا لجميع العناصر الفلزية واللافلزية مقاسة بالنسبة لجهد قطب الهيدروچين القياسي.

بحيث تكون : – أكبر القيم السالبة لجهود الاختزال في أعلى السلسلة، وأكبر القيم الموجبة لجهود الاختزال في أسفلها.

– أكبر القيم الموجبة لجهود الأكسدة في أعلى السلسلة، وأكبر القيم السالبة لجهود الأكسدة في أسفلها.

سلسلة الجهود الكهربية للعناصر

- ترتيب العناصر ترتيبًا **تنازليًا** حسب جهود **الأكسدة** القياسية.
- ترتيب العناصر ترتيبًا **تصاعديًا** بالنسبة لجهود **الاختزال** القياسية.
- ترتيب العناصر **تنازليًا** بالنسبة لجهود **الاختزال السالبة** ، و**تصاعديًا** بالنسبة لجهود **الاختزال الموجبة**.
- ترتيب العناصر **تنازليًا** بالنسبة لجهود **الأكسدة الموجبة** ، و**تصاعديًا** بالنسبة لجهود **الأكسدة السالبة**.



جهد الاختزال القياسي (ڤولت)	جهد التأكسد القياسي (ڤولت)	نصف الخلية (نصف التفاعل)
− 3.045	+ 3.045	$Li \rightleftharpoons Li^+ + e^-$
− 2.924	+ 2.924	$K \rightleftharpoons K^+ + e^-$
− 2.711	+ 2.711	$Na \rightleftharpoons Na^+ + e^-$
− 2.375	+ 2.375	$Mg \rightleftharpoons Mg^{2+} + 2e^-$
− 1.670	+ 1.670	$Al \rightleftharpoons Al^{3+} + 3e^-$
− 1.029	+ 1.029	$Mn \rightleftharpoons Mn^{2+} + 2e^-$
− 0.762	+ 0.762	$Zn \rightleftharpoons Zn^{2+} + 2e^-$
− 0.740	+ 0.740	$Cr \rightleftharpoons Cr^{3+} + 3e^-$
− 0.557	+ 0.557	$Cr \rightleftharpoons Cr^{2+} + 2e^-$
− 0.410	+ 0.410	$Cr^{2+} \rightleftharpoons Cr^{3+} + e^-$
− 0.409	+ 0.409	$Fe \rightleftharpoons Fe^{2+} + 2e^-$
− 0.402	+ 0.402	$Cd \rightleftharpoons Cd^{2+} + 2e^-$
− 0.280	+ 0.280	$Co \rightleftharpoons Co^{2+} + 2e^-$
− 0.230	+ 0.230	$Ni \rightleftharpoons Ni^{2+} + 2e^-$
− 0.126	+ 0.126	$Pb \rightleftharpoons Pb^{2+} + 2e^-$
Zero	Zero	$H_2 \rightleftharpoons 2H^+ + 2e^-$
+ 0.150	− 0.150	$Sn^{2+} \rightleftharpoons Sn^{4+} + 2e^-$
+ 0.340	− 0.340	$Cu \rightleftharpoons Cu^{2+} + 2e^-$
+ 0.401	− 0.401	$4OH^- \rightleftharpoons 2H_2O + O_2 + 4e^-$
+ 0.800	− 0.800	$Ag \rightleftharpoons Ag^+ + e^-$
+ 1.200	− 1.200	$Pt \rightleftharpoons Pt^{2+} + 2e^-$
+ 1.420	− 1.420	$Au \rightleftharpoons Au^{3+} + 3e^-$
+ 2.870	− 2.870	$2F^- \rightleftharpoons F_2 + 2e^-$

▲ سلسلة الجهود الكهربية للعناصر (للاطلاع فقط)

جهد الاختزال القياسي	جهد التأكسد القياسي			
− 3	+ 3	A	عناصر	أنود (مصعد) (−)
− 2	+ 2	B	**تسبق**	أكسدة (عامل مختزل)
− 1	+ 1	C	الهيدروچين	أكثر نشاطًا
0	0	H_2	الهيدروچين	
+ 1	− 1	X	عناصر	كاثود (مهبط) (+)
+ 2	− 2	Y	**تلي**	اختزال (عامل مؤكسد)
+ 3	− 3	Z	الهيدروچين	أقل نشاطًا

▲ جدول لتبسيط فهم سلسلة الجهود الكهربية

من سلسلة الجهود الكهربية .. **يمكن ملاحظة ما يلي :**

العناصر التي تقع عند قمة السلسلة

- ذات جهود اختزال أكثر سالبية (أقل إيجابية).

  ذات جهود أكسدة أكثر إيجابية (أقل سالبية).
- تسبق الهيدروچين و أكثر نشاطًا.
  - تحل محل العناصر التي تليها في محاليل أملاحها.
  - تحل محل أيونات الهيدروجين في المحاليل الحمضية (أي يتصاعد غاز الهيدروچين) أو الماء.

مثـال : تفاعل الحديد مع حمض الهيدروكلوريك.

$$\overset{0}{Fe}_{(s)} + 2\overset{+1}{H}Cl_{(aq)} \longrightarrow \overset{+2}{Fe}Cl_{2(aq)} + \overset{0}{H}_{2(g)}$$

(Oxidation: $Fe \rightarrow FeCl_2$ ، Reduction: $HCl \rightarrow H_2$)

- عوامل مختزلة قوية (تتأكسد بسهولة) ... علل؟

  لأنها تفقد إلكتروناتها بسهولة عندما تدخل في تفاعل مع أيونات أي عنصر يحتل مكانة أدنى في سلسلة الجهود الكهربية.
- **تعمل كأنود (مصعد)** في الخلايا الجلفانية.

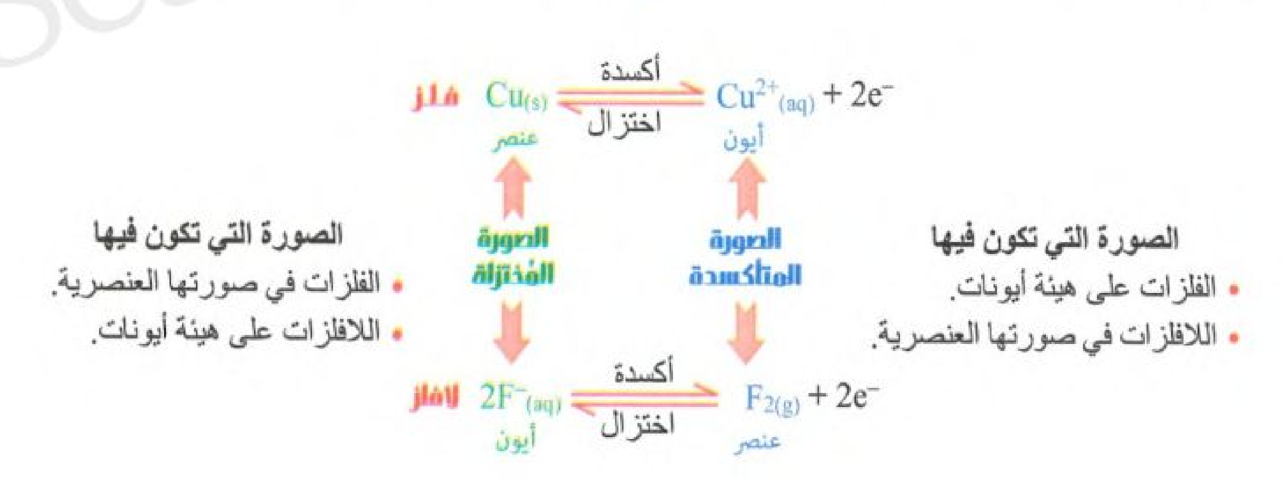
العناصر التي تقع عند النهاية السفلى للسلسلة

- ذات جهود اختزال أكثر إيجابية (أقل سالبية).

  ذات جهود أكسدة أكثر سالبية (أقل إيجابية).
- تلي الهيدروچين و أقل نشاطًا.
  - لا تحل محل العناصر التي تسبقها في محاليل أملاحها.
  - لا يمكن أن تحل محل أيونات الهيدروچين في المحاليل الحامضية أو الماء.

> **الصورة المتأكسدة للعناصر**
>
> الصورة التي تكون فيها الفلزات على هيئة أيونات وتكون اللافلزات في صورتها العنصرية مثل جزيئات غاز الفلور (F_2)

- صورتها المتأكسدة عوامل مؤكسدة قوية (تُختزل بسهولة) ... علل؟ لأنها ذات قدرة أكبر على اكتساب إلكترونات عندما تدخل في تفاعل مع أي عنصر يحتل مكانة أعلى في سلسلة الجهود الكهربية.
- **تعمل ككاثود (مهبط)** في الخلايا الجلفانية.





ملاحظات على سلسلة الجهود الكهربية

❶ • الجهد القياسي لنصف خلية أي عنصر يأخذ إشارة **سالبة** عند عكسها تأخذ إشارة **موجبة** والعكس صحيح.
• جهد أي تفاعل ثابت مهما اختلفت معاملات التفاعل الكيميائي.



من خلال التفاعل التالي:

$X^{2-}_{(aq)} + e^- \longrightarrow X^+_{(aq)}$ $E° = +0.2\ V$

$2X^+_{(aq)} \longrightarrow 2X^{2+}_{(aq)} + 2e^-$ $E° = ?\ V$

ما قيمة الجهد الناتج من التفاعل التالي؟ ....

(أ) $-0.2\ V$ (ب) $+0.2\ V$
(ج) $-0.04\ V$ (د) $+0.04\ V$

---

❷ • كلما **زاد البعد** في الترتيب بين عنصرين كلما **زادت** قدرة العنصر المتقدم على **طرد** العنصر المتأخر من مركباته.
• كلما **زادت** القيمة **السالبة** لجهد **الاختزال** أو **زادت** القيمة **الموجبة** لجهد **الأكسدة** زاد الميل نحو الإحلال محل الهيدروجين.



ثلاث أعمدة لعناصر مختلفة A ، B ، C وضعت في حمض HCl المخفف، فتفاعل A ، B ولم يتفاعل العنصر C وعند وضع العنصر A في محلول يحتوي على أيونات العنصر B حدث له تآكل
فإن ترتيب هذه العناصر من حيث جهود أكسدتها هي .... (تجريبي ٢١)

(أ) A > B > C (ب) B > A > C
(ج) C > B > A (د) A > C > B

---

❸ أي عنصر في السلسلة يمكن أن **يختزل** العنصر الذي **يليه** و **يؤكسد** العنصر الذي **يسبقه**.



إذا علمت أن جهود الاختزال القطبية لكل من :
(Ni = – 0.23 V) ، (Fe = – 0.41 V) ، (Cu = + 0.34 V) ، (Al = – 1.67 V) فإن ....

(أ) النحاس يؤكسد الألومنيوم ولا يؤكسد الحديد. (ب) النيكل يختزل الحديد ولا يختزل النحاس.
(ج) الألومنيوم يؤكسد الحديد ولا يؤكسد النحاس. (د) الحديد يؤكسد الألومنيوم ويختزل النيكل.

---

❹ يمكن تحديد **أفضل العوامل المؤكسدة** أو **أفضل العوامل المختزلة** من بين عدد من الأقطاب بمعلومية جهود أكسدتها القياسية أو جهود اختزالها القياسية **كما يلي :**
• أفضل عامل مؤكسد (من يسهل اختزاله) **له** أصغر قيمة جهد أكسدة **وله** أكبر قيمة جهد اختزال.
• أفضل عامل مختزل (من يسهل أكسدته) **له** أصغر قيمة جهد اختزال **وله** أكبر قيمة جهد أكسدة.



العنصر الأفضل كعامل مؤكسد مما يلي جهد اختزاله يساوي .... (تجريبي الأزهر ١٩)

(أ) $-2.37\ V$ (ب) $-0.41\ V$
(ج) $+0.34\ V$ (د) $+0.80\ V$

❺ أي عنصر في السلسلة عند غمره في محلول عنصر آخر أقل منه نشاطًا فإن العنصر الأقل نشاطًا يترسب عليه.



في الشكل ثلاثة كؤوس زجاجية:





ما الترتيب الصحيح لهذه الفلزات من الأنشط إلى الأقل نشاطًا؟ ....

Ⓐ $Q < L < W < M$

Ⓑ $M < W < Q < L$

Ⓒ $Q < W < M < L$

Ⓓ $L < Q < W < M$

---

❻ العنصر الأقل قدرة على فقد إلكترونات أثناء التفاعل هو العنصر الأقل في جهد الأكسدة والأعلى في جهد الاختزال وهو أيضًا العنصر الذي يمكن أن يوجد في الطبيعة في الحالة العنصرية.



أحد الفلزات التالية يمكن أن يوجد في الطبيعة في الحالة العنصرية .... (جهود الاختزال القياسية بين القوسين)

Ⓐ الصوديوم (– 2.711 V)

Ⓑ الألومنيوم (– 1.670 V)

Ⓒ الخارصين (– 0.762 V)

Ⓓ النحـــاس (+ 0.340 V)

---

❼ لحفظ مركب كيميائي يوضع في إناء مصنوع من عنصر أقل نشاطًا من كاتيونه أو من نفس نوع كاتيونه.



بمعلومية جهود الاختزال المقابلة:

$Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Zn_{(s)}$ $E° = -0.76\ V$

$Ni^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Ni_{(s)}$ $E° = -0.26\ V$

$Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Fe_{(s)}$ $E° = -0.45\ V$

$Ca^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Ca_{(s)}$ $E° = -2.87\ V$

$Mg^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Mg_{(s)}$ $E° = -2.37\ V$

أي من العناصر التالية يمكن استخدامها في حفظ كبريتات الخارصين؟ ....

Ⓐ Mg / Ca

Ⓑ Mg / Ca / Zn

Ⓒ Ni / Fe / Mg / Ca

Ⓓ Zn / Ni



حساب القوة الدافعة الكهربية emf (جهد الخلية E_{cell}) للخلايا الجلفانية

إرشادات هامة لحل المسائل

(١) نكتب معطيات المسألة في جدول كالتالي بحيث نملأ بيانات الثلاثة أعمدة الأولى في جميع المسائل من المعطيات.

القطب	جهد الأكسدة	جهد الاختزال	نوع القطب
A			
B			

(٢) يملأ العمود الرابع بطريقتين :

(١) إذا كانت **الخلية جلفانية** فيحدد الأنود والكاثود من **معطيات المسألة كالتالي :**

– **الأنود :** هو الأكبر في جهد الأكسدة القياسي. – **الكاثود :** هو الأكبر في جهد الاختزال القياسي.

١

(٢) إذا سأل عن **نوع الخلية** فيحدد الأنود و الكاثود من خلال المعادلة أو الرسم الموجود بالمسألة ويكون :

– **من المعادلة الكلية : الأنود** الذي يحدث له **أكسدة** و **الكاثود** الذي يحدث له **اختزال**.

– **من الرسم : الأنود** يخرج منه إلكترونات و **الكاثود** يتجه إليه الإلكترونات.

(٣) إذا كانت قيمة emf للخلية (E_{cell}) :



بإشارة **موجبة** (+)
- تفاعل (الأكسدة والاختزال) **تلقائي**.
- **يصدر عنه** تيار كهربي.
- يحدث في خلية **جلفانية** أثناء **التفريغ**.

بإشارة **سالبة** (–)
- تفاعل (الأكسدة والاختزال) **غير تلقائي**.
- **يحتاج** لتيار كهربي من مصدر خارجي.
- يحدث في خلية **جلفانية** أثناء **الشحن**.
  أو في خلية **تحليلية**.

(٤) يمكن حساب القوة الدافعة الكهربية (emf) أو جهد الخلية (E_{cell}) ، بإحدى **العلاقات التالية :**

القوة الدافعة الكهربية (emf)

أو

جهد الخلية (E_{cell})



جهد أكسدة الأنود + جهد اختزال الكاثود

جهد أكسدة الأنود – جهد أكسدة الكاثود

جهد اختزال الكاثود – جهد اختزال الأنود



إذا علمت أن الجهود القياسية للعناصر التالية:

$K^+_{(aq)} + e^- \longrightarrow K_{(s)}$ $E° = -2.92\ V$

$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cu_{(s)}$ $E° = +0.34\ V$

فإن الرمز الاصطلاحي للخلية المكونة من القطبين هو .... (تجريبي ٢١)

(أ) $2K_{(s)} / 2K^+_{(aq)} // Cu^{2+}_{(aq)} / Cu_{(s)}$

(ب) $Cu_{(s)} / Cu^{2+}_{(aq)} // 2K_{(s)} / 2K^+_{(aq)}$

(ج) $Cu^{2+}_{(aq)} / Cu_{(s)} // 2K^+_{(aq)} / 2K_{(s)}$

(د) $K^+_{(aq)} / K_{(s)} // Cu_{(s)} / Cu^{2+}_{(aq)}$



لديك أنصاف الخلايا التالية :

- $Cd^{\circ}_{(s)} / Cd^{2+}_{(aq)}$ $E^{\circ} = +0.4\ V$
- $Al^{3+}_{(aq)} / Al^{\circ}_{(s)}$ $E^{\circ} = -1.67\ V$
- $2F^{-}_{(aq)} / F_{2(g)}$ $E^{\circ} = -2.87\ V$
- $Cr^{2+}_{(aq)} / Cr^{\circ}_{(s)}$ $E^{\circ} = -0.56\ V$
- $Cu^{\circ}_{(s)} / Cu^{2+}_{(aq)}$ $E^{\circ} = -0.34\ V$

أجب عما يلي :

(١) رتب أنصاف الخلايا السابقة تصاعديًا حسب قوتها كعوامل مختزلة.

(٢) أوجد أكبر قيمة للقوة الدافعة الكهربية يمكن الحصول عليها من خلية قطباها عنصران من هذه العناصر.

(٣) اكتب الرمز الاصطلاحي للخلية التي تعطي أكبر قيمة للقوة الدافعة الكهربية.

الإجابة

(١) الأفضل كعامل مختزل هو الأعلى في جهد الأكسدة، وبالتالي نعيد كتابة أنصاف الخلايا كجهود أكسدة ثم نرتب.

(1) $2F^{-}_{(aq)} / F_{2(g)}$ $E^{\circ} = -2.87\ V$

(2) $Cu^{\circ}_{(s)} / Cu^{2+}_{(aq)}$ $E^{\circ} = -0.34\ V$

(3) $Cd^{\circ}_{(s)} / Cd^{2+}_{(aq)}$ $E^{\circ} = +0.4\ V$

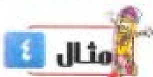
(4) $Cr^{\circ}_{(s)} / Cr^{2+}_{(aq)}$ $E^{\circ} = +0.56\ V$

(5) $Al^{\circ}_{(s)} / Al^{3+}_{(aq)}$ $E^{\circ} = +1.67\ V$

(٢) أكبر قيمة للقوة الدافعة الكهربية = جهد أكسدة الأنود – جهد أكسدة الكاثود

$emf = 1.67 - (-2.87) = +4.54\ V$

(٣) **الرمز الاصطلاحي :** $2Al / 2Al^{3+} // 3F_2 / 6F^{-}$



في خلية دانيال يحدث التفاعلات التالية :

$$Zn_{(s)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \quad E^{\circ} = +0.76\ V$$

$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \longrightarrow Cu_{(s)} \quad E^{\circ} = +0.34\ V$$

أجب عما يلي : (١) احسب قيمة القوة الدافعة الكهربية (emf) للخلية.

(٢) اكتب الرمز الاصطلاحي للخلية.

(٣) حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل.

الإجابة

القطب	جهد الأكسدة	جهد الاختزال	نوع القطب من المعطيات
الخارصين Zn	+ 0.76	– 0.76	أنود (مصعد)
النحاس Cu	– 0.34	+ 0.34	كاثود (مهبط)

(١) القوة الدافعة الكهربية (*emf*) = جهد أكسدة الأنود **(الخارصين)** + جهد اختزال الكاثود **(النحاس)**

$emf = 0.76 + 0.34 = +1.1\ V$

(٢) **الرمز الاصطلاحي :** $Zn / Zn^{2+} // Cu^{2+} / Cu$

(٣) **العامل المؤكسد :** أيونات النحاس II ، **العامل المختزل :** الخارصين.





(A) ، (B) فلزان جهد أكسدة الأول (0.4 V) ، وجهد اختزال الثاني (0.6 V) على الترتيب وكان الأول ثنائي التكافؤ، والثاني أحادي التكافؤ، **أجب عما يلي :**

(١) احسب **القوة الدافعة الكهربية** لهذه الخلية الجلفانية.

(٢) اكتب **الرمز الاصطلاحي.**

(٣) اكتب معادلتي **الأكسدة والاختزال** للخلية التي يمكن أن تتكون منهما.

الإجابة

القطب	جهد الأكسدة	جهد الاختزال	نوع القطب من المعطيات
A	+ 0.4	– 0.4	أنود (مصعد)
B	– 0.6	+ 0.6	كاثود (مهبط)

(١) القوة الدافعة الكهربية (*emf*) = جهد أكسدة الأنود (A) + جهد اختزال الكاثود (B)

$emf = 0.4 + 0.6 = +1\ V$

(٢) **الرمز الاصطلاحي :** $A / A^{2+} // 2B^{+} / 2B$

(٣) **معادلة الأكسدة :** $A \xrightarrow{Oxidation} A^{2+} + 2e^{-}$

معادلة الاختزال : $2B^{+} + 2e^{-} \xrightarrow{Reduction} 2B$



خلية جلفانية مكونة من قطب Sn^{2+}/Sn وقطب Ag^{+}/Ag

إذا علمت أن جهد الاختزال القياسي لكل من القصدير والفضة على التوالي (– 0.14 V) ، (+ 0.8 V)

أجب عما يلي : (١) احسب جهد هذه الخلية.

(٢) حدد اتجاه انتقال التيار الكهربي.

(٣) اكتب الرمز الاصطلاحي.

الإجابة

القطب	جهد الأكسدة	جهد الاختزال	نوع القطب من المعطيات
القصدير **(Sn)**	+ 0.14 V	– 0.14 V	أنود (مصعد)
الفضة **(Ag)**	– 0.8 V	+ 0.8 V	كاثود (مهبط)

(١) جهد الخلية (E_{cell}) = جهد أكسدة الأنود + جهد اختزال الكاثود = 0.14 + 0.8 = **+ 0.94 V**

(٢) اتجاه انتقال التيار الكهربي (الإلكترونات) : من قطب الأنود (القصدير) إلى قطب الكاثود (الفضة)

(٣) **الرمز الاصطلاحي :** $Sn / Sn^{2+} // 2Ag^{+} / 2Ag$



هل التفاعل التالي يمثل عملية **التفريغ** أم **الشحن** في خلية النيكل – كادميوم القلوية ؟ **مع بيان السبب.**

$$2Ni^{2+}_{(aq)} + Cd^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Cd_{(s)} + 2Ni^{3+}_{(aq)}$$

علمًا بأن :

$Cd^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cd_{(s)}$ $\quad E^\circ = -0.4\ V$

$2Ni^{3+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow 2Ni^{2+}_{(aq)}$ $\quad E^\circ = +0.9\ V$

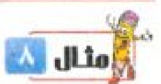
الإجابة

القطب	جهد الأكسدة	جهد الاختزال	نوع القطب من المعادلة الكلية
الكادميوم **(Cd)**	+ 0.4 V	– 0.4 V	كاثود (مهبط)
النيكل **(Ni)**	– 0.9 V	+ 0.9 V	أنود (مصعد)

القوة الدافعة الكهربية (*emf*) = جهد أكسدة الأنود + جهد اختزال الكاثود **(من المعادلة الكلية)**

$$emf = (-0.9) + (-0.4) = -1.3\ V$$

القوة الدافعة الكهربية بإشارة **سالبة**، يكون التفاعل **غير تلقائي** يمثل تفاعل خلية **جلفانية** أثناء **الشحن.**



ادرس الشكل الذي أمامك ثم أجب عما يلي :

① احسب emf للخلية.

② هل التفاعل تلقائي أم لا ؟

علمًا بأن :

$Au_{(s)} \longrightarrow Au^{3+}_{(aq)} + 3e^-$ $\quad E^\circ = -1.42\ V$

$Cu_{(s)} \longrightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^-$ $\quad E^\circ = -0.34\ V$

الإجابة

القطب	جهد الأكسدة	جهد الاختزال	نوع القطب من الرسم
الذهب **(Au)**	– 1.42 V	+ 1.42 V	أنود (مصعد)
النحاس **(Cu)**	– 0.34 V	+ 0.34 V	كاثود (مهبط)

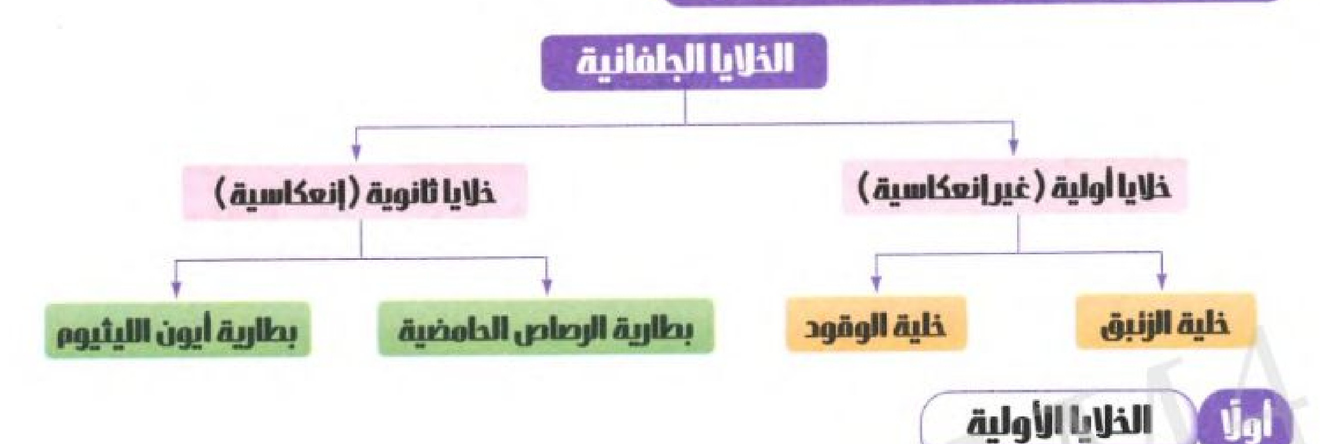
① القوة الدافعة الكهربية (*emf*) = جهد أكسدة الأنود + جهد اختزال الكاثود **(من الرسم)**

$$emf = (-1.42) + (+0.34) = -1.08\ V$$

② القوة الدافعة الكهربية بإشارة **سالبة**، يكون التفاعل **غير تلقائي.**

الباب الرابع
الكيمياء الكهربية
الدرس 3 الخلايـا الجلفانيـة

الخلايا الجلفانية وإنتاج الطاقة الكهربائية



أولًا الخلايا الأولية

الخلايا الأولية

أنظمة تختزن الطاقة في صورة طاقة كيميائية والتي يمكن تحويلها عند اللزوم إلى طاقة كهربائية وذلك من خلال تفاعل أكسدة – اختزال تلقائي غير انعكاسي.

مميزات الخلايا الأولية

١ تحقق جهدًا ثابتًا لمدة أطول أثناء تشغيلها.

٢ إمكانية تصنيعها في أحجام أصغر.

٣ توجد في صورة جافة وليست سائلة.

٤ انخفاض قيمتها الاقتصادية.

emf (V)

الزمن (h)

التغير في جهد الخلية الأولية بمرور الزمن

- تصنع الخلايا الأولية في صورة جافة وليست سائلة ... علل؟

حتى يسهل استخدامها في الأجهزة المتنقلة.

عيوب الخلايا الأولية

- الخلايا الأولية خلايا غير انعكاسية ... علل؟

لأنه لا يسهل (عمليًا أو اقتصاديًا) بل ربما يصبح من المُستحيل إعادة شحنها بغرض إعادة مكوناتها إلى الحالة الأصلية.

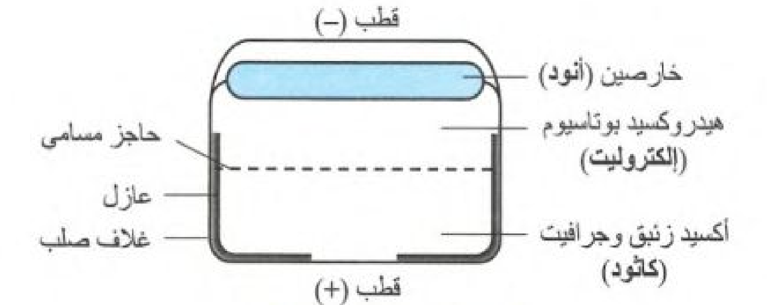


أحيانًا يفضل استخدام الخلايا الأولية كمصدر للطاقة عن الخلايا الثانوية رغم أنه لا يمكن إعادة شحنها ... علل؟

لأنها تتميز بأنها تعطي جهد ثابت لمدة أطول أثناء تشغيلها وتتميز بأنها جافة وصغيرة الحجم.



١ خلية الزئبق



▲ شكل تخطيطي لخلية الزئبق

المكونات

① أنود (مصعد) : خارصين.
② كاثود (مهبط) : أكسيد زئبق.
③ إلكتروليت : هيدروكسيد البوتاسيوم.

الشكل

تُصنع في شكل أسطواني أو على هيئة قرص، ومغلقة بإحكام بغلاف خارجي من الصلب.

الاستخدام

تستخدم خلية الزئبق في سماعات الأذن والساعات والآلات الخاصة بالتصوير ... علل؟

لصغر حجمها.

القوة الدافعة الكهربية (جهد الخلية) : $E^\circ_{cell} = 1.35\ V$

يلزم التخلص من خلية الزئبق بعد استخدامها بطريقة آمنة ... علل؟

لأنها تحتوي على الزئبق وهو مادة سامة.

التفاعل الكلي

Oxidation: Zn (0) → ZnO (+2) ; Reduction: HgO (+2) → Hg (0)

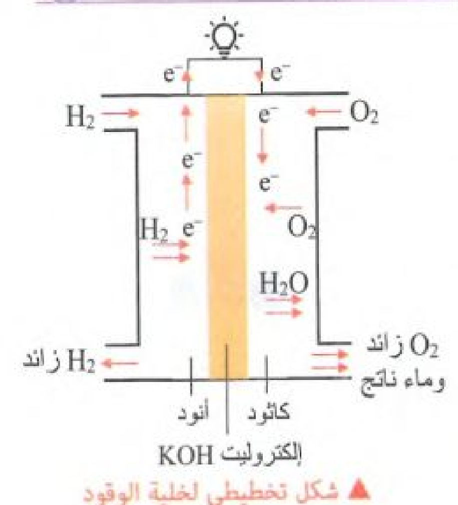
$$\overset{0}{Zn}_{(s)} + \overset{+2}{Hg}O_{(s)} \longrightarrow \overset{+2}{Zn}O_{(s)} + \overset{0}{Hg}_{(\ell)} \qquad E^\circ_{cell} = 1.35\ V$$



يحدث اكتساب إلكترونات في خلية الزئبق عند ....

(أ) القطب السالب الذي يتحول إلى فلز الخارصين.
(ب) القطب السالب الذي يتحول إلى أيون الخارصين.
(جـ) القطب الموجب الذي يتحول إلى فلز الزئبق.
(د) القطب الموجب الذي يتحول إلى أيون الزئبق.

٢ خلية الوقود

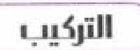


▲ شكل تخطيطي لخلية الوقود

✧ من المعروف أن الهيدروجين يحترق في الهواء بعنف وينتج عن عملية الاحتراق ضوء وحرارة.

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(v)} + \text{Energy}$$

✧ تمكن العلماء من إجراء هذا التفاعل تحت ظروف يتم التحكم فيها داخل ما يعرف **بخلية الوقود**.



التركيب

تتركب خلية الوقود من قطبين كل منهما على هيئة وعاء مجوف مبطن بطبقة من الكربون المسامي ... علل؟

حتى تسمح بالاتصال بين الحجرة الداخلية والمحلول الإلكتروليتي الموجود بها وهو غالبًا محلول هيدروكسيد البوتاسيوم المائي.

التفاعلات الحادثة في الخلية

تفاعل الأكسدة : $E^\circ_{oxid} = +0.83\ V$ $\quad 2H_{2(g)} + 4OH^-_{(aq)} \longrightarrow 4H_2O_{(v)} + 4e^-$

تفاعل الاختزال : $E^\circ_{red} = +0.4\ V$ $\quad O_{2(g)} + 2H_2O_{(v)} + 4e^- \longrightarrow 4OH^-_{(aq)}$

التفاعل الكلي الحادث : $E^\circ_{cell} = +1.23\ V$ $\quad 2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(v)}$

القوة الدافعة الكهربية (جهد الخلية) : $E^\circ_{cell} = +1.23\ V$

المميزات

(١) خلية الوقود لا تستهلك كباقي الخلايا الجلفانية ... علل؟

لأنها تزود بالوقود من مصدر خارجي.

(٢) تلعب خلية الوقود دورًا بالغ الأهمية بالنسبة لمركبات الفضاء ... علل؟

١- لأن الوقود الغازي من الهيدروجين والأكسجين المُستخدم في إطلاق الصواريخ هو نفسه الوقود المُستخدم في هذه الخلايا.

٢- بخار الماء الناتج منها يمكن إعادة تكثيفه للإستفادة منه كمياه للشرب لرواد الفضاء.



خلايا الوقود لا تختزن الطاقة بعكس البطاريات الأخرى ... علل؟

لأن عملها يتطلب إمدادها المُستمر بالوقود وإزالة مُستمرة للنواتج.



تفاعلات الأكسدة والاختزال في خلية الوقود تؤدي إلى .... (تجريبي ٢١)

(أ) انتقال أيونات الهيدروكسيد نحو الأنود.

(ب) انتقال أيونات الهيدروكسيد نحو الكاثود.

(ج) تحول الأكسجين إلى أيونات الهيدروكسيد بالأكسدة.

(د) تحول الهيدروجين بالاختزال إلى جزيئات الماء.

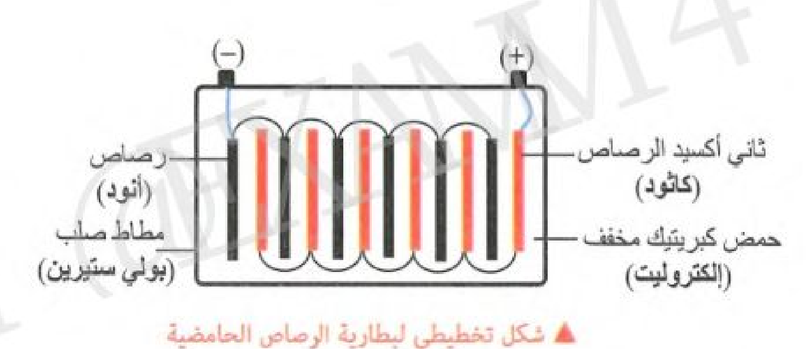
ثانيًا الخلايـا الثانوية

الخلايا الثانوية

خلايا جلفانية تتميز بأن تفاعلاتها الكيميائية تفاعلات انعكاسـية، وتختزن الطاقة الكهربية على هيئة طاقة كيميائية والتي يمكن تحويلها مرة أخرى إلى طاقة كهربية عند اللزوم.



١ بطارية الرصاص الحامضية



▲ شكل تخطيطي لبطارية الرصاص الحامضية



▲ بطارية الرصاص الحامضية

تعرف بطارية الرصاص الحامضية باسم بطارية السيارة ... علل؟

لأنه تم تطوير هذا النوع من البطاريات وأصبح أنسب أنواع البطاريات المُستخدمة في السيارات.

المكونات

① أنود (مصعد) : شبكة من الرصاص مملوءة برصاص إسفنجي (Pb)

② مهبط (كاثود) : شبكة من الرصاص مملوءة بعجينة من ثاني أكسيد الرصاص (PbO_2)

③ إلكتروليت : محلول حمض الكبريتيك المخفف (H_2SO_4)

تفصل ألواح الأنود والكاثود بصفائح عازلة.

– توضع المكونات في وعاء مصنوع من المطاط الصلب أو البلاستيك (بولي ستيرين) ... علل؟

لأنه لا يتأثر بالأحماض.

– تعمل البطارية كخلية جلفانية أثناء تشغيلها (تفريغها) واستهلاك طاقتها، وتعمل كخلية إلكتروليتية عند إعادة شحنها.



أ تفاعـلات التفريـغ Discharge

يتأين الإلكتروليت تبعًا للمعادلة التالية:

$$2H_2SO_{4(aq)} \xrightarrow{dil.} 4H^+_{(aq)} + 2SO_4^{2-}{}_{(aq)}$$

عند المصعد (الأنود) :

$$Pb_{(s)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} \xrightarrow{Oxidation} PbSO_{4(s)} + 2e^- \qquad E^\circ_{oxid} = +0.36\ V$$

عند المهبط (الكاثود) :

$$PbO_{2(s)} + 4H^+_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} + 2e^- \xrightarrow{Reduction} PbSO_{4(s)} + 2H_2O_{(\ell)} \qquad E^\circ_{red} = +1.69\ V$$

التفاعل الكلي لتفريغ البطارية : تعمل الخلية هنا كخلية جلفانية.

$$Pb_{(s)} + PbO_{2(s)} + 4H^+_{(aq)} + 2SO_4^{2-}{}_{(aq)} \xrightarrow{discharge} 2PbSO_{4(s)} + 2H_2O_{(\ell)} \qquad E^\circ_{cell} = +2.05\ V$$

$\mathbf{E_{cell}} = 0.36 + 1.69 = 2.05\ \mathbf{V} \approx 2\ \mathbf{V}$

$\boldsymbol{emf} = 6 \times 2 = 12\ \mathbf{V}$

الهيدروميتـر

هو جهاز يستخدم لقياس كثافة السوائل، ويمكن من خلاله التعرف على حالة البطارية بقياس كثافة محلول الحمض حينما تكون البطارية كاملة الشحن تكون كثافة الحمض فيها تساوي $1.28 : 1.30\ g/cm^3$
وإذا قلت كثافة الحمض إلى أقل من $1.20\ g/cm^3$ فهذا يعني حاجة البطارية إلى إعادة الشحن وزيادة تركيز الحمض.

عند تفريغ بطارية الرصاص الحامضية يحدث ما يلي:

١) نقص التيار الناتج من البطارية.
٢) زيادة كمية الماء الناتجة.
٣) نقص كثافة (تركيز) حمض الكبريتيك.
٤) نقص تركيز $[H^+]$ وزيادة $[OH^-]$ للمحلول الإلكتروليتي.
٥) زيادة قيمة pH ونقص قيمة pOH للمحلول الإلكتروليتي.
٦) زيادة كتلة القطب السالب (–) لتحول الرصاص إلى كبريتات الرصاص II التي تترسب على القطب.
٧) زيادة كتلة القطب الموجب (+) لتحول ثاني أكسيد الرصاص إلى كبريتات الرصاص II التي تترسب على القطب.

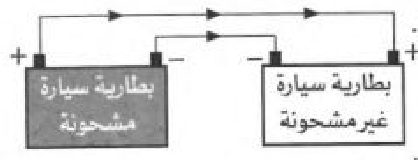
ب تفاعـلات الشحن Charge

يتم ذلك بتوصيل قطبي البطارية بمصدر للتيار الكهربي المُستمر له جهد أكبر قليلًا من الجهد الذي ينتج من البطارية يحدث تفاعل عكس التفاعل التلقائي الذي حدث أثناء تفريغ الشحنة ويؤدي هذا إلى تحول كبريتات الرصاص II إلى رصاص عند القطب السالب (–) وثاني أكسيد الرصاص عند القطب الموجب (+)
كما يعيد تركيز الحمض إلى ما كان عليه.

$$2PbSO_{4(s)} + 2H_2O_{(\ell)} \xrightarrow{charge} \underset{\text{قطب (–)}}{Pb_{(s)}} + \underset{\text{قطب (+)}}{PbO_{2(s)}} + 4H^+_{(aq)} + 2SO_4^{2-}{}_{(aq)}$$

عملية الشحن

١) باستخدام دينامو السيارة الذي يقوم بإعادة شحن البطارية بصورة مستمرة أول بأول.
٢) توصيل بطارية السيارة غير المشحونة ببطارية أخرى مشحونة حيث يتم توصيل:
القطب السالب من البطارية المشحونة بالقطب السالب للبطارية غير المشحونة،
والقطب الموجب من البطارية المشحونة بالقطب الموجب للبطارية غير المشحونة.



عند شحن بطارية الرصاص الحامضية يحدث ما يلي:

① زيادة التيار الناتج من البطارية.

② نقص كمية الماء الناتجة.

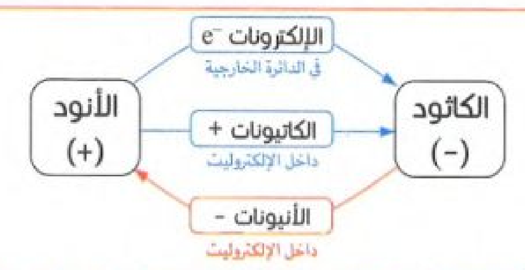
③ زيادة كثافة (تركيز) حمض الكبريتيك.

④ زيادة تركيز $[H^+]$ ونقص $[OH^-]$ للمحلول الإلكتروليتي.

⑤ نقص قيمة pH وزيادة قيمة pOH للمحلول الإلكتروليتي.

⑥ نقص كتلة القطب السالب (–) لتحول كبريتات الرصاص II $PbSO_4$ إلى رصاص Pb

⑦ نقص كتلة القطب الموجب (+) لتحول كبريتات الرصاص II $PbSO_4$ إلى ثاني أكسيد الرصاص PbO_2



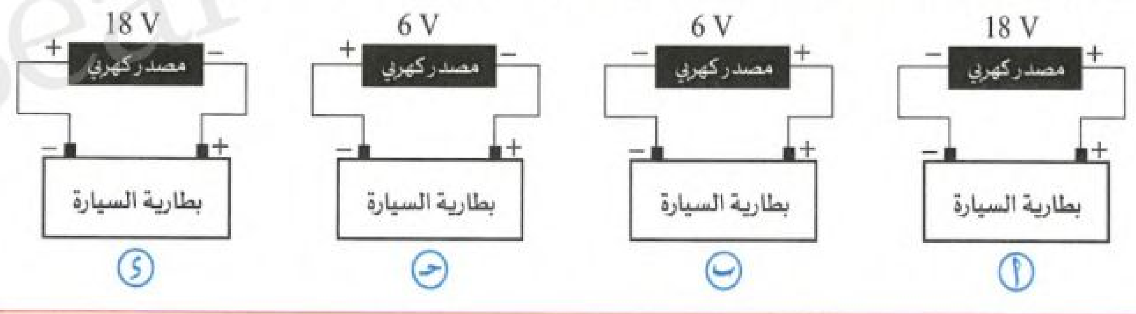
مخطط يوضح حركة الإلكترونات والكاتيونات والأنيونات بين قطبي الخلية الجلفانية أثناء الشحن

التفاعل الكلي للشحن والتفريغ

$$Pb_{(s)} + PbO_{2(s)} + 4H^+_{(aq)} + 2SO_4^{2-}{}_{(aq)} \underset{charge}{\overset{discharge}{\rightleftharpoons}} 2PbSO_{4(s)} + 2H_2O_{(\ell)}$$



أي الأشكال التالية تعبر عن عملية شحن المركم الرصاصي (بطارية السيارة) قوته الدافعة الكهربية 12 V؟ ....





عند شحن المركم الرصاصي يحدث كل مما يأتي **ماعدا** .... (مصر أول ٢١)

Ⓐ يزداد تركيز الحمض.

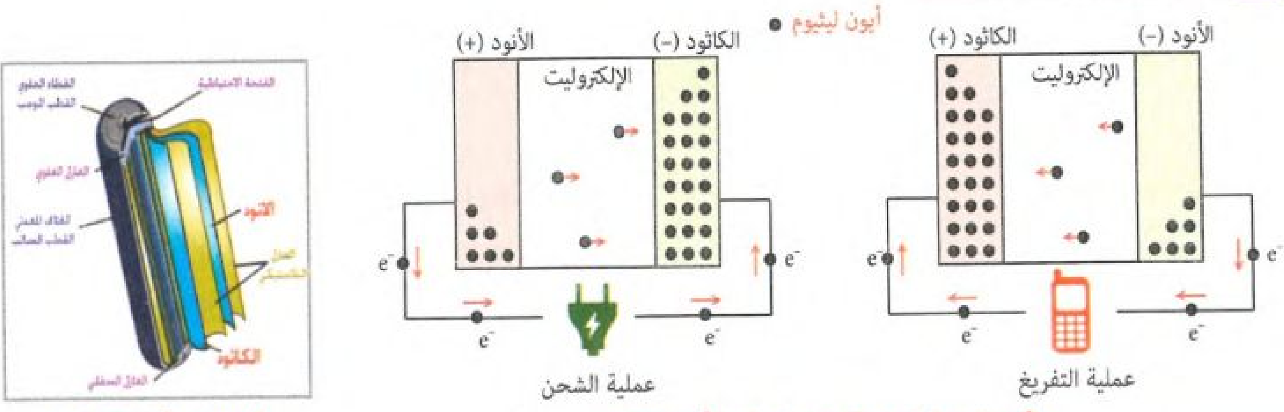
Ⓑ تقل كتلة الماء.

Ⓒ تقل قيمة pOH

Ⓓ تقل قيمة pH



٢ بطارية أيون الليثيوم



▲ عمليتي التفريغ والشحن في بطارية أيون الليثيوم

▲ بطارية أيون الليثيوم

استخدام الليثيوم في تركيب بطارية أيون الليثيوم ... علل؟

لسببين أساسيين هما : (١) الليثيوم أخف فلز معروف.

(٢) جهد اختزاله القياسي هو الأصغر بالنسبة لباقي الفلزات الأخرى (3.04V –)

التركيب

* يحتوي الغلاف المعدني للبطارية على ثلاثة رقائق ملفوفة بشكل حلزوني وهي :

(١) الإلكترود الموجب (الكاثود) : ويتكون من أكسيد الليثيوم كوبلت $(LiCoO_2)$

(٢) الإلكترود السالب (الأنود) : ويتكون من جرافيت الليثيوم (LiC_6)

(٣) العازل : وهو مكون من شريحة رقيقة جدًا من البلاستيك تعمل على عزل الإلكترود الموجب عن الإلكترود السالب، بينما تسمح للأيونات بالمرور من خلاله.

تغمر الرقائق الثلاثة في إلكتروليت لا مائي من سداسي فلوروفوسفيد الليثيوم $(LiPF_6)$

الاستخدام

(١) أجهزة التليفون المحمول والحاسوب المحمول.

(٢) في بعض السيارات الحديثة كبديل لبطارية الرصاص.

المميزات

تتميز بخفة وزنها وقدرتها على تخزين كميات كبيرة من الطاقة بالنسبة لحجمها.

تفاعلات تشغيل البطارية

تفاعل الأنود (أكسدة) :

$$LiC_{6(s)} \xrightarrow{\text{Oxidation}} C_{6(s)} + Li^+_{(aq)} + e^-$$

تفاعل الكاثود (اختزال) :

$$CoO_{2(s)} + Li^+_{(aq)} + e^- \xrightarrow{\text{Reduction}} LiCoO_{2(s)}$$

التفاعل الكلي الحادث :

$$LiC_{6(s)} + CoO_{2(s)} \underset{\text{charge}}{\overset{\text{discharge}}{\rightleftharpoons}} C_{6(s)} + LiCoO_{2(s)}$$

القوة الدافعة الكهربية (جهد الخلية) : $E_{cell} = 3V$

شغل دماغك ١٦

في بطارية أيون الليثيوم تنتقل أيونات الليثيوم خلال $(LiPF_6)$ كما يلي .... (تجريبي ٢١)

(أ) من الأنود السالب إلى الكاثود الموجب أثناء التفريغ.

(ب) من الأنود السالب إلى الكاثود الموجب أثناء الشحن.

(ج) من الكاثود إلى الأنود أثناء التفريغ.

(د) من الكاثود إلى الأنود أثناء الشحن.

تآكل المعادن

الاهتمام بظاهرة تآكل المعادن ومحاولة التغلب عليها ... علل؟

لأن تآكل المعادن تسبب في خسائر اقتصادية فادحة أدت إلى تدهور المنشآت المعدنية وخاصة الحديدية منها حيث يقدر الحديد المفقود نتيجة للتآكل بحوالي ربع إنتاج العالم منه سنويًا.

الصدأ

عملية تآكل كيميائي للفلزات بفعل الوسط المُحيط.

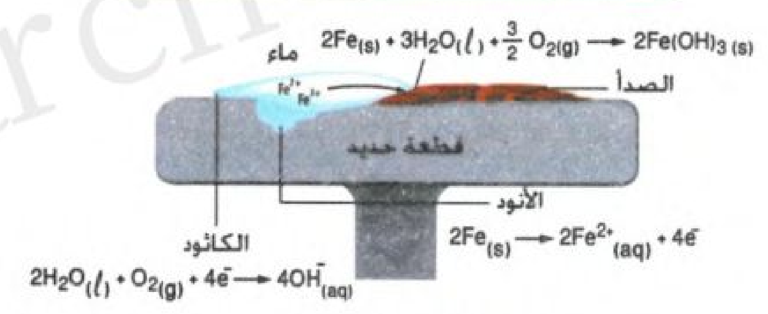
ميكانيكية التآكل

في معظم الحالات يكون تآكل الفلزات النقية صعبًا ، حتى الحديد لا يصدأ بسهولة إذا كان نقيًا جدًا، ويأتي السؤال هنا ..

سبب تآكل المعادن (الصلب)

تآكل الفلزات يحدث عن طريق تكون خلايا جلفانية موضعية يكون أنودها الفلز المتآكل أما الكاثود فيكون الفلز الأقل نشاطًا أو الكربون الموجود في صورة شوائب في الصلب.

تفسير ميكانيكية تآكل الحديد الصلب



▲ ميكانيكة صدأ الحديد الصلب

خلية صدأ الحديد الجلفانية

كاثود (مهبط)	إلكتروليت	أنود (مصعد)
شوائب الكربون ويحدث اختزال لغاز الأكسجين O_2	الماء H_2O / أيونات Fe^{2+}	الحديد Fe



- عند تعرض قطعة حديد للتشقق أو الكسر فإنها تكون خلية جلفانية مع الماء المذاب فيه بعض الأيونات والذي يقوم بدور المحلول الإلكتروليتي ويكون الأنود هو قطعة الحديد.
- يتأكسد الحديد إلى أيونات الحديد II في المحلول **تبعًا للمعادلة:**

$$2Fe_{(s)} \longrightarrow 2Fe^{2+}_{(aq)} + 4e^-$$

- تصبح أيونات (Fe^{2+}) جزء من المحلول الإلكتروليتي وتنتقل الإلكترونات خلال قطعة الحديد (الأنود) إلى الكاثود (شوائب الكربون الموجودة في الحديد) "لاحظ أن قطعة الحديد تقوم بدور كل من الأنود والدائرة الخارجية".
- يتم عند الكاثود اختزال أكسچين الهواء إلى مجموعة الهيدروكسيد (OH^-)

$$2H_2O_{(\ell)} + O_{2(g)} + 4e^- \longrightarrow 4OH^-_{(aq)}$$

- تتحد أيونات الحديد (Fe^{2+}) مع أيونات الهيدروكسيد (OH^-) مكونة هيدروكسيد الحديد II

$$2Fe^{2+}_{(aq)} + 4OH^-_{(aq)} \longrightarrow 2Fe(OH)_{2(s)}$$

- يتأكسد هيدروكسيد الحديد II بواسطة الأكسچين الذائب في الماء إلى هيدروكسيد الحديد III

$$2Fe(OH)_{2(s)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} + H_2O_{(\ell)} \longrightarrow 2Fe(OH)_{3(s)}$$

- بجمع المعادلات السابقة تنتج المعادلة الكلية لتفاعل تآكل الحديد.

$$2Fe_{(s)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} + 3H_2O_{(\ell)} \longrightarrow 2Fe(OH)_{3(s)}$$



- الصدأ عملية بطيئة ... علل؟

لأن الماء يحتوي على كميات محدودة من الأيونات.

- يصدأ الحديد بسرعة أكبر في مياه البحر ... علل؟

لاحتواء مياه البحر على كميات أكبر من الأيونات.



ما الرمز الاصطلاحي للتفاعل التلقائي المسبب لصدأ الحديد ؟ ....

(أ) $2Fe / 2Fe^{3+} // \frac{3}{2} O_2 / 3O^{2-}$

(ب) $Fe / Fe^{3+} // 3H^+ / \frac{3}{2} H_2$

(ج) $2Fe / 2Fe^{3+} // 6H^+ / 3H_2$

(د) $2Fe / 2Fe^{3+} // 3O^{2-} / \frac{3}{2} O_2$

العوامل التي تؤدي إلى تآكل الفلزات

عوامل تتعلق بالوسط المحيط

العوامل الخارجية

من العوامل الخارجية التي تؤثر بشكل أساسي في تآكل المعادن :
- الماء.
- الأكسچين.
- الأملاح.

عوامل تتعلق بالفلز نفسه

عدم تجانس السبائك

الفلزات المستخدمة في الصناعة غالبًا ما تكون في صورة سبائك غير متجانسة لصعوبة تحضيرها في صورة متجانسة التركيب، ولهذا ينشأ عدد لا نهائي من الخلايا الموضعية تسبب تآكل الفلز الأكثر نشاطًا.

اتصال الفلزات ببعضها

عند استخدام فلزات مختلفة في:
- مواضع اللحام.
- مسامير البرشام.

يؤدي إلى تكوين خلايا جلفانية موضعية تسبب تآكل الفلز الأنشط

فمثلًا يتآكل أولًا:
- الألومنيوم عند تلامسه بالنحاس.
- الحديد عند تلامسه بالنيكل.

وقاية الحديد من الصدأ

يعد الحفاظ على الفلزات وحمايتها من الصدأ وبالأخص الحديد من أساسيات حماية الاقتصاد العالمي.

وفيما يلي بعض طرق حماية الحديد من الصدأ بتغطيته بمادة أخرى لعزله عن الوسط المحيط به،

ويتم ذلك بإحدى وسيلتين هما :

طرق وقاية الحديد من الصدأ

الطلاء بالمواد العضوية

حماية مؤقتة

طريقة غير فعالة على المدى البعيد

ومن أمثلتها:

- الزيت.
- الورنيش.
- السلاقون.

التغطية بالفلزات المقاومة للتآكل

الحماية الكاثودية (الغطاء الكاثودي)

تغطية الفلز الأصلي بفلز آخر أقل نشاطًا منه.

مثال:

تغطية الحديد بالقصدير في عبوات المأكولات المعدنية.

عيوبها:

عند الخدش يتآكل الحديد أولًا.

الحماية الأنودية (الغطاء الأنودي)

تغطية الفلز الأصلي بفلز آخر أكثر نشاطًا منه.

أمثلة:

- تغطية الحديد بالخارصين (الجلفنة).
- تغطية الحديد بالماغنسيوم.

مميزاتها:

عند الخدش لا يتآكل الحديد أولًا.

جلفنة الصلب (الحديد)

- غمس الصلب (الحديد) في الخارصين المنصهر
- تغطية الصلب (الحديد) بالخارصين لحمايته من الصدأ.

القطب المضحى

فلز نشيط كيميائيًا يوصل بفلز آخر أقل منه نشاطًا لحماية الفلز الآخر من الصدأ والتآكل.

ماسورة من الحديد مدفونة في التربة

ماغنسيوم (القطب المضحي)

أمثلة على القطب المضحي :

(١) هياكل السفن المتصلة دائمًا بالماء المالح.

(٢) مواسير الحديد المدفونة في التربة الرطبة.

تكون أكثر عرضة للتآكل، ولحمايتها يتم جعلها كاثودًا وذلك بتوصيلها بفلز آخر أكثر نشاطًا من الحديد وليكن الماغنسيوم ليعمل كأنود فيتآكل أولًا بدلًا من الحديد لذا يسمى الماغنسيوم **بالقطب المضحي.**



▲ القطب المضحي





الإلكتروليت الذي يؤدي إلى تآكل المعادن بسرعة أكبر هو .... (تجريبي ٢١)

ⓐ H_2SO_4 (0.5 M)

ⓑ HCl (0.5 M)

ⓒ HNO_2 (1 M)

ⓓ H_2SO_3 (1 M)



الجدول التالي يمثل أربعة جهود اختزال لأربعة عناصر على الترتيب D ، C ، B ، A

العنصر	A	B	C	D
جهد الاختزال	−1.66 V	− 2.37 V	+0.799 V	−1.26 V

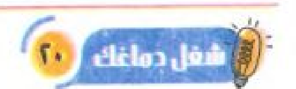
أي عنصر من العناصر السابقة يمكن استخدامه كعنصر مُضحي بالنسبة لعنصر آخر؟ .... (تجريبي ٢١)

ⓐ A بالنسبة لـ B

ⓑ C بالنسبة لـ D

ⓒ C بالنسبة لـ A

ⓓ B بالنسبة لـ A



الجدول التالي يوضح جهود الاختزال القياسية للعناصر X , Y , Z , W

العنصر	W	Z	Y	X
جهد الاختزال	− 2.37 V	− 1.66 V	− 0.74 V	− 0.25 V

فإن الاختيار الذي يعبر عن حماية أنودية هو .... (مصر ثان ٢١)

ⓐ العنصر Y يُطلى بالعنصر Z

ⓑ العنصر Y يُطلى بالعنصر X

ⓒ العنصر W يُطلى بالعنصر Z

ⓓ العنصر W يُطلى بالعنصر X



لحماية العنصر (A) بالعنصر (B) من التآكل يحدث ما يلي .... (مصر أول ٢١)

ⓐ سحب للإلكترونات من A إلى B وتمثل حماية أنودية.

ⓑ سحب للإلكترونات من B إلى A وتمثل حماية أنودية.

ⓒ انتقال الإلكترونات إلى A وتمثل حماية كاثودية.

ⓓ انتقال للإلكترونات بين A و B ويمثل A قطب مُضحي.

ثانيًا الخلايـا التحليليـة (الإلكتروليتية)

الخلايا الإلكتروليتية

خلايا كهربية تستخدم فيها الطاقة من مصدر خارجي لإحداث تفاعل أكسدة واختزال غير تلقائي الحدوث.

مكونات الخلية الإلكتروليتية

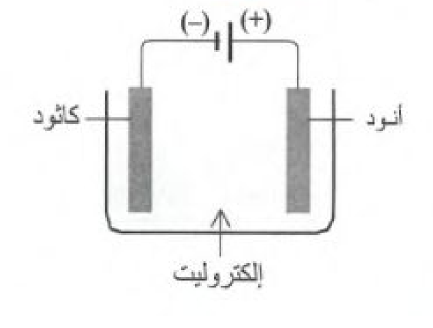
(١) موصل إلكتروليتي: يوضع داخل إناء وهو **إما أن يكون:** محلول **(حمض أو قاعدة أو ملح)** أو مصهور **(ملح).**

(٢) موصل إلكتروني:

يُغمر داخل الإناء وهو عبارة عن قطبين من :

– مادة واحدة (**مثل :** الكربون أو البلاتين)

– أو مادتين مختلفين (**مثل :** الكربون – البلاتين – النحاس – الخارصين)



(٣) بطارية:

يوصل أحد الأقطاب بالقطب الموجب للبطارية ويصبح قطبًا موجبًا (آنود) ،

ويوصل القطب الآخر بالقطب السالب للبطارية ويصبح قطبًا سالبًا (كاثود)

طريقة العمل

عند توصيل القطبين بحيث يكون الجهد الواقع على الخلية يفوق قليلًا الجهد الانعكاسي يسري تيار كهربي في الخلية الإلكتروليتية.

– تتجه جميع الأيونات السالبة (الأنيونات) نحو القطب الموجب (الأنود) لتعادل شحنتها بفقد إلكترونات وتحدث عملية الأكسدة إما للأنيون أو القطب نفسه حسب القدرة الأعلى لعملية الأكسدة.

– تتجه الأيونات الموجبة نحو القطب السالب (الكاثود) لتعادل شحنتها باكتساب إلكترونات وتحدث عملية الاختزال إما للكاتيون أو القطب نفسه حسب القدرة الأعلى لعملية الأكسدة.

مقارنة بين الخلايا الجلفانية والخلايا الإلكتروليتية (التحليلية)

	الخلايـا الجلفانيـة	الخلايـا الإلكتروليتيـة (التحليليـة)
نظرية العمل	أنظمة يتم فيها تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربية عن طريق تفاعلات الأكسدة والاختزال بشكل تلقائي مستمر.	أنظمة يتم فيها تحويل الطاقة الكهربية إلى طاقة كيميائية عن طريق تفاعلات الأكسدة والاختزال بشكل غير تلقائي.
الأنود (المصعد)	القطب **السالب** الذي يحدث عنده **أكسدة**	القطب **الموجب** الذي تحدث عنده **أكسدة**
الكاثود (المهبط)	القطب **الموجب** الذي يحدث عنده **اختزال.**	القطب **السالب** الذي يحدث عنده **اختزال.**
الأقطاب	مختلفة.	مختلفة أو متشابهة.
الطاقة الكهربية	هي مصدر كهربي.	تحتاج لمصدر كهربي.
emf	موجبة (+)	سالبة (–)

تعريفات مهمة جدًا

الإلكتروليت	هو محلول مائي أو مصهور مركب يتفكك أيونيًا إلى أيونات موجبة (كاتيونات) وأيونات سالبة (أنيونات) ويوصل التيار الكهربي نتيجة لحركة الأيونات.
الأيونات الموجبة (الكاتيونات)	هي جسيمات مادية متحركة في المحلول أو المصهور وفقيرة بالإلكترونات.
الأيونات السالبة (الأنيونات)	هي جسيمات مادية مُتحركة في المحلول أو المصهور وغنية بالإلكترونات.

مقارنة بين الموصلات الإلكترونية والموصلات الإلكتروليتية

	الموصلات الإلكترونية	الموصلات الإلكتروليتية
التعريف	موصلات تعمل على نقل التيار الكهربي من خلال حركة إلكتروناتها.	موصلات تعمل على نقل التيار الكهربي من خلال حركة أيوناتها.
الحالة الفيزيائية	مواد صلبة.	مواد سائلة.
انتقال المادة	لا يصحبه انتقال المادة.	يصحبه انتقال المادة.
أمثلة	① فلزات صلبة. ② سبائك.	① مصهورات الأملاح. ② محاليل الأملاح والأحماض والقلويات.

تطبيقات على التحليل الكهربى

① تحليل الإلكتروليت إلى مكوناته
② استخلاص الألومنيوم
③ الطلاء بالكهرباء


أولًا تحليل الإلكتروليت إلى مكوناته

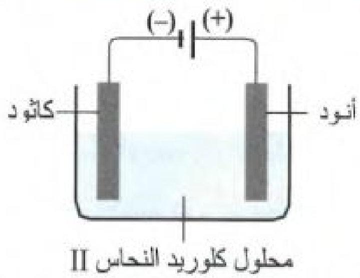
التحليل الكهربي

- التحلل الكيميائي للمحلول الإلكتروليتي بفعل مرور التيار الكهربي به.
- عملية كيميائية يتم فيها فصل مكونات المحلول الإلكتروليتي بالتيار الكهربي.



- الأنيونات تتنافس في عملية الأكسدة وترتب حسب سهولة الأكسدة كالتالي:
الهاليدات X^- (F^-, Cl^-, Br^-, I^-) > هيدروكسيد الماء (OH^-) > الكبريتات (SO^{2-})
- ترتب الكاتيونات حسب سهولة الاختزال من خلال موقعها في سلسلة الجهود الكهربية، حيث يسهل اختزال الكاتيونات الموجودة أسفل السلسلة أولًا.
مثال : $Li^+ < Mg^{2+} < Zn^{2+} < Fe^{2+} < H^+ < Cu^{2+} < Ag^+ < Au^{3+}$

التحليل الكهربي لمحلول كلوريد النحاس II $(CuCl_2)$



التحليل الكهربي لمحلول كلوريد النحاس II

قبل مرور التيار الكهربي: يتأين كلوريد النحاس II في الماء تبعًا للمعادلة:

$$CuCl_{2(aq)} \longrightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2Cl^{-}_{(aq)}$$

عند مرور التيار الكهربي : تتجه الأيونات نحو الأقطاب المخالفة لتتعادل شحنتها

وتحدث التفاعلات التالية :

① تفاعل أكسدة عند المصعد (الأنود) [القطب الموجب]:

$$2Cl^{-}_{(aq)} \xrightarrow{Oxidation} Cl_2^{\circ}{}_{(g)} + 2e^{-} \qquad E^{\circ} = -1.36V$$

② تفاعل اختزال عند المهبط (الكاثود) [القطب السالب]:

$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \xrightarrow{Reducation} Cu^{\circ}_{(s)} \qquad E^{\circ} = +0.34V$$

③ التفاعل الكلى الحادث في الخلية هو مجموع تفاعلي الأنود والكاثود:

Reduction

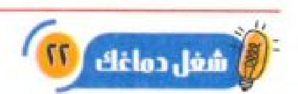
$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2Cl^{-}_{(aq)} \longrightarrow Cu^{\circ}_{(s)} + Cl_2^{\circ}{}_{(g)} \quad E_{cell} = -1.36 + 0.34 = -1.02\ V$$

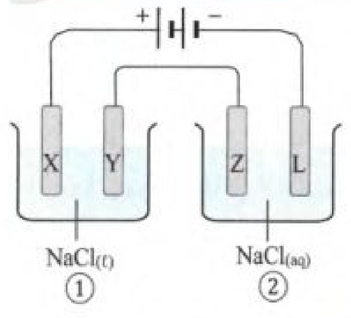
Oxidation





- الإشارة **السالبة** لجهد الخلية تعني أن التفاعل الكلي الحادث في الخلية **لا يتم تلقائيًا** أي يتم في **خلية إلكتروليتية** باستخدام طاقة كهربية من مصدر خارجي.
- النتيجة النهائية هي ترسب النحاس على الكاثود وتصاعد الكلور على الأنود.
- لا تختزل كاتيونات الهيدروجين (H^{+}) عند الكاثود ... علل؟
  لأن قدرة اختزال كاتيونات النحاس (Cu^{2+}) أكبر منها.
- لا تتأكسد أنيونات الهيدروكسيل (OH^{-}) عند الأنود ... علل؟
  لأن قدرة أنيونات الكلوريد (Cl^{-}) على الأكسدة أكبر منها.
- يقل تركيز محلول كلوريد النحاس II لأن مكوناته تُستهلك أثناء التحليل الكهربي.





في الشكل التالي:

- الخلية ① تحتوي على مصهور كلوريد الصوديوم،
- الخلية ② تحتوي على محلول كلوريد الصوديوم،

عند عمل تحليل كهربي لكل منهما فإن المواد المتكونة عند الأقطاب X ، Y ، Z ، L هي .... (تجريبي ٢١)

L	Z	Y	X	الاختيار
H_2	Cl_2	Na	Cl_2	(أ)
Cl_2	Na	Cl_2	H_2	(ب)
O_2	H_2	Na	Cl_2	(جـ)
Cl_2	Na	Na	Cl_2	(د)



ثانيًا استخلاص الألومنيوم

يستخلص الألومنيوم كهربيًا من خام البوكسيت (Al_2O_3) المذاب في مصهور الكريوليت (Na_3AlF_6) وقليل من الفلورسبار (CaF_2) لخفض درجة انصهار المخلوط من **2045°C** إلى **950°C**

- يستعاض حديثًا عن الكريوليت باستخدام مخلوط من أملاح فلوريدات كل من : الصوديوم والألومنيوم والكالسيوم ($CaF_2 - AlF_3 - NaF$) ... علل؟

يعطى المخلوط مع البوكسيت مصهور يتميز بانخفاض درجة انصهاره ليوفر الطاقة، وانخفاض كثافته ليُسهل فصل الألومنيوم المُنصهر والذي يكون راسبًا في قاع خلية التحليل الكهربي.

المكونات

(١) الأنود [القطب الموجب] :

عبارة عن أسطوانات من الكربون (الجرافيت).

(٢) الكاثود [القطب السالب] :

جسم إناء الخلية المصنوع من الحديد والمبطن بطبقة من الكربون (الجرافيت).

(٣) الإلكتروليت :

عبارة عن البوكسيت المنصهر والمذاب في الكريوليت المحتوي على القليل من الفلورسبار.

أقطاب كربون (+) (أنود)
بطانة من الجرافيت (–) (كاثود)
مصهور البوكسيت في الكريوليت
ألومنيوم منصهر
فتحة لخروج الألومنيوم المنصهر

▲ خلية استخلاص الألومنيوم من البوكسيت

التفاعلات الحادثة في الخلية

(١) يتأين البوكسيت تبعًا للمعادلة التالية :

$$Al_2O_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} 2Al^{3+}_{(\ell)} + 3O^{2-}_{(\ell)}$$

(٢) عند مرور التيار الكهربي بين قطبي الخلية تتجه الأيونات نحو الأقطاب المخالفة وتحدث تفاعلات الأكسدة والاختزال :

تفاعل الأنود: يحدث أكسدة لأيونات الأكسجين.

$$3O^{2-}_{(\ell)} \xrightarrow{Oxidation} \frac{3}{2} O_{2(g)} + 6e^-$$

تفاعل الكاثود: يحدث اختزال لأيونات الألومنيوم وتُسحب من خلال فتحة خاصة.

$$2Al^{3+}_{(\ell)} + 6e^- \xrightarrow{Reducation} 2Al_{(s)}$$

التفاعل الكلي:

$$2Al^{3+}_{(\ell)} + 3O^{2-}_{(\ell)} \longrightarrow 2Al_{(s)} + \frac{3}{2} O_{2(g)}$$

كاثود   أنود

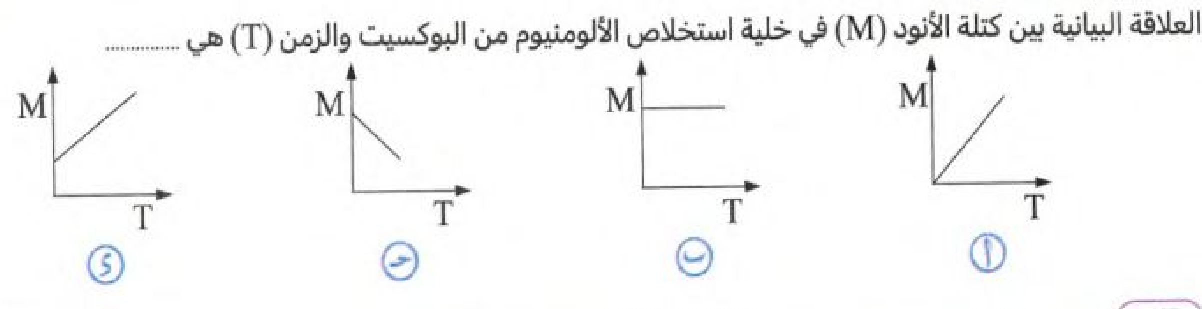
يلزم تغيير أقطاب الجرافيت باستمرار ... علل؟

لتفاعل الأكسجين المتصاعد من عملية الأكسدة مع أقطاب كربون الأنود مكونًا غازات أول وثاني أكسيد الكربون مما يؤدي إلى تآكل أقطاب الجرافيت.

$$2C_{(s)} + \frac{3}{2} O_{2(g)} \longrightarrow CO_{(g)} + CO_{2(g)}$$

شغل دماغك ٢٣

العلاقة البيانية بين كتلة الأنود (M) في خلية استخلاص الألومنيوم من البوكسيت والزمن (T) هي ....



ثالثًا الطلاء بالكهرباء

الطلاء بالكهرباء

عملية تكوين طبقة رقيقة من فلز معين على سطح فلز آخر لإعطائه مظهرًا جميلًا ولامعًا أو لحمايته من التآكل.

أهمية الطلاء بالكهرباء

(١) منع تآكل المعدن (الصدأ)

(٢) إعطاء المعدن مظهر لامع

(٣) زيادة القيمة الاقتصادية للمعدن

أمثلة لعملية الطلاء

(١) طلاء بعض أجزاء السيارات المصنوعة من الصلب بطبقة من الكروم ... علل؟

لتأخذ شكلًا جماليًا وأيضًا لحمايتها من التآكل.

(٢) طلاء بعض الأدوات الصحية مثل الصنابير والخلاطات والمعادن الرخيصة بالكروم أو الذهب أو الفضة ... علل؟

لإعطائها شكلًا جماليًا وحمايتها من التآكل ورفع قيمتها الاقتصادية.

طلاء إبريق بطبقة من الفضة

الخطوات

- نظف سطح الإبريق جيدًا.
- اغمس الإبريق بعد تنظيفه في محلول إلكتروليتي يحتوي على أيونات الفضة (نترات الفضة مثلًا) ويوصل بالقطب السالب (الكاثود).
- ضع في المحلول قطب من الفضة ويوصل بالقطب الموجب (الأنود).



▲ عملية طلاء إبريق بطبقة من الفضة

عند الأنود : يذوب قطب الفضة في المحلول. $Ag^{o}_{(s)} \xrightarrow{Oxidation} Ag^{+}_{(aq)} + e^{-}$

عند الكاثود : تُختزل أيونات الفضة على الإبريق. $Ag^{+}_{(aq)} + e^{-} \xrightarrow{Reducation} Ag^{o}_{(s)}$



- تحدث منافسة عند الأقطاب بين الأيونات على عمليتي الأكسدة والاختزال.
- عند الأنود يتأكسد الأعلى في جهد الأكسدة وعند الكاثود يختزل الأعلى في جهد الاختزال.
- **في المثال السابق:** عند الأنود يتأكسد فلز الفضة (Ag) ، وعند الكاثود تُختزل أيونات الفضة (Ag^{+}).

شغل دماغك ٢٤

عند طلاء جسم معدني باستخدام قضيب من الذهب النقي مغمورين في محلول كلوريد الذهب III $AuCl_3$

أي من الاختيارات التالية يعبر عما يحدث لكتلة الأنود والتفاعل الحادث عند الكاثود .... (تجريبي ٢١)

الاختيار	كتلة الأنود	تفاعل الكاثود
(أ)	تقل	$2Au^{3+}_{(aq)} + 6e^{-} \longrightarrow 2Au^{0}_{(s)}$
(ب)	تقل	$6Cl^{-}_{(aq)} \longrightarrow 3Cl_{2(g)} + 6e^{-}$
(ج)	تزداد	$2Au^{0}_{(s)} \longrightarrow 2Au^{3+}_{(aq)} + 6e^{-}$
(د)	لا تتغير	$3Cl_{2(g)} + 6e^{-} \longrightarrow 6Cl^{-}_{(aq)}$

رابعًا تنقية المعادن

تكون درجة نقاوة المعادن التي يتم تحضيرها في الصناعة أقل من درجة نقاوتها المطلوبة لبعض الاستخدامات المعينة، وبالتالي تقلل من كفاءتها، مثل النحاس الذي نقاوته **99%** يحتوي على شوائب الخارصين والحديد والفضة والذهب والتي تقلل من قابلية النحاس للتوصيل الكهربي وأيضًا من جودته لذلك تستخدم طريقة التحليل الكهربي لتنقية النحاس للحصول على نحاس نقى **99.95%** الذي يراد استعماله في صناعة الأسلاك الكهربائية.

المكونات

(١) الأنود [القطب الموجب]: فلز النحاس (Cu) غير النقي.

(٢) الكاثود [القطب السالب]: سلك أو رقائق النحاس النقي 100%

(٣) الإلكتروليت: محلول مائي من كبريتات النحاس II

سلك نحاس نقى – نحاس غير نقي (أنود) – محلول كبريتات النحاس II – شوائب الأنود ذهب وفضة

▲ خلية تنقية النحاس



التفاعلات الحادثة في الخلية

– تتفكك جزيئات محلول كبريتات النحاس II في الماء إلى أيونات النحاس II (Cu^{2+}) وأيونات الكبريتات (SO_4^{2-})

$$CuSO_{4(aq)} \longrightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)}$$

– عند مرور التيار الكهربي من البطارية الخارجية عند جهد يزيد عن الجهد القياسي لنصف خلية النحاس، تتجه الأيونات نحو الأقطاب المخالفة في الشحنة.

• عند المصعد (الأنود) [القطب الموجب] : يذوب النحاس (يتأكسد) ويتحول إلى أيونات النحاس (Cu^{2+}) في المحلول.

$$Cu^{\circ}_{(s)} \xrightarrow{\text{Oxidation}} Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^-$$

• عند المهبط (الكاثود) [القطب السالب] : تحدث عملية اختزال لأيونات النحاس التي تترسب على الكاثود.

$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \xrightarrow{\text{Reducation}} Cu^{\circ}_{(s)}$$

أي أن **النتيجة النهائية** : انتقال النحاس من الأنود إلى الكاثود ونحصل على نحاس نقاوته 99.95%

أما الشوائب الموجودة في المصعد (الأنود) فهي **نوعان** :

– **شوائب الخارصين والحديد** : تذوب (تتأكسد) في المحلول وتتحول إلى أيونات الخارصين Zn^{2+} وأيونات الحديد Fe^{2+} ولا تترسب على الكاثود ... علل؟ لصعوبة اختزالها لصغر جهود اختزالها بالنسبة لأيونات النحاس Cu^{2+}

$$Fe^{\circ}_{(s)} \xrightarrow{\text{Oxidation}} Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^- \qquad Zn^{\circ}_{(s)} \xrightarrow{\text{Oxidation}} Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$$

– **شوائب الذهب والفضة** : لا تذوب (تتساقط تحت الأنود) وتزال في قاع الخلية ... علل؟

لصعوبة أكسدتها لصغر جهود أكسدتها بالنسبة لذرات النحاس Cu والحديد Fe والخارصين Zn

أهمية تنقية النحاس

(١) الحصول على نحاس نقاوته 99.95% جيد التوصيل للتيار الكهربي.

(٢) استخلاص بعض المعادن النفيسة مثل الذهب والفضة من خامات النحاس.

شغل دماغك ٢٥

عند التحليل الكهربي لمحلول كبريتات النحاس II باستخدام أقطاب من النحاس ....

(أ) تقل كتلة الأنود.

(ب) تقل كتلة الكاثود.

(ج) يستهلك الإلكتروليت.

(د) يتحول المحلول إلى اللون الأسود.

الدرس 6 قوانين فاراداي للتحليل الكهربي

قام العالم فاراداي باستنباط العلاقة بين كمية الكهربية المارة في الإلكتروليت وكمية المادة التي يتم تحريرها عند الأقطاب ولخصها في قانونين وهو ما أتخذ كأساس علمي في التطبيقات الصناعية والمعملية السابق ذكرها في الدرس ⑤

قوانين فاراداي للتحليل الكهربي

القانون الأول لفاراداي

تتناسب كمية المواد المتكونة أو المُستهلكة عند أي قطب سواء كانت غازية أو صلبة تناسباً طردياً مع كمية الكهربية المارة في المحلول الإلكتروليتي.

تحقيق القانون الأول لفاراداي

الخطوات:

① نمرر كميات مختلفة من الكهربية في محلول إلكتروليتي.

② نعين كتل المواد المتكونة عند الكاثود في كل مرة.

المشاهدة:

تزداد كتل المواد المُتكونة على الكاثود، بزيادة كمية الكهربية المارة في المحلول

الاستنتاج:

تتناسب كمية المواد المتكونة أو المُستهلكة عند أي قطب سواء كانت غازية أو صلبة تناسباً طردياً مع كمية الكهربية المارة في المحلول الإلكتروليتي.

القانون الأول لفاراداي

① $$\frac{\text{الكتلة المترسبة الابتدائية } (m_1)}{\text{كمية الكهربية الابتدائية } (Q_1)} = \frac{\text{الكتلة المترسبة النهائية } (m_2)}{\text{كمية الكهربية النهائية } (Q_2)}$$



مثال ٩

عند امرار كمية كهربية مقدارها 19300 C في محلول كبريتات فلز وجد أن كتلة الكاثود زادت بمقدار 6.4 g ، ما كمية الكهربية اللازمة لترسيب 1.6 g من نفس الفلز؟

الإجابة

$$\frac{\text{الكتلة المترسبة الابتدائية } (m_1)}{\text{كمية الكهربية الابتدائية } (Q_1)} = \frac{\text{الكتلة المترسبة النهائية } (m_2)}{\text{كمية الكهربية النهائية } (Q_2)}$$

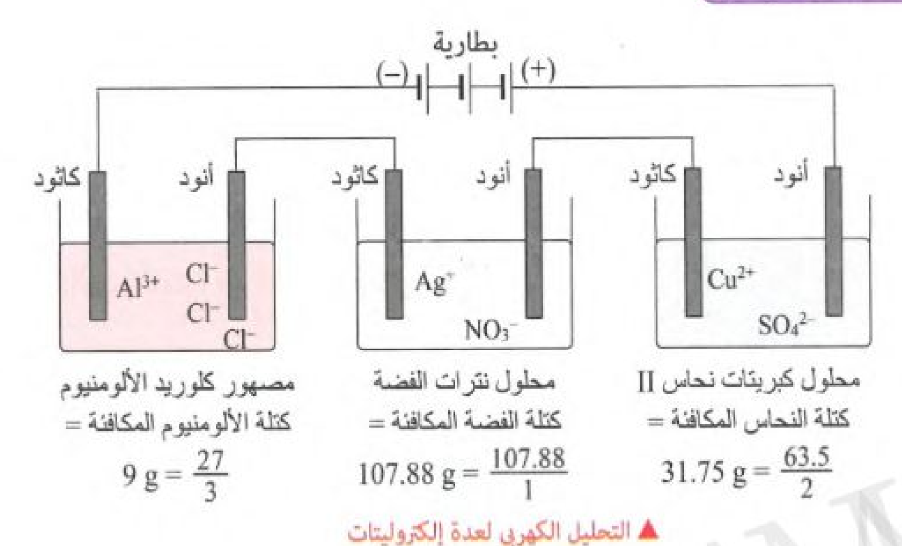
$$\frac{6.4}{19300} = \frac{1.6}{Q_2}$$

$$Q_2 = \frac{1.6 \times 19300}{6.4} = 4825\ C$$

القانون الثانى لفاراداي

كميات المواد المختلفة المتكونة أو المُستهلكة بمرور نفس كمية الكهرباء في عدة خلايا إلكتروليتية متصلة على التوالي تتناسب تناسباً طردياً مع كتلتها المكافئة.

تحقيق القانون الثانى لفاراداي



▲ التحليل الكهربي لعدة إلكتروليتات

الخطـوات :

(١) كون الخلية التحليلية الموضحة بالشكل المقابل وتحتوي على :
محلول كبريتات النحاس II ، ومحلول نترات الفضة ، ومصهور كلوريد الألومنيوم.

(٢) مرر في الإلكتروليتات المتصلة على التوالي نفس كمية الكهرباء،
كمية الكهربية (كولوم) = شدة التيار (أمبير) × الزمن (ثانية)

(٣) نعين كتل المواد المتكونة عند الكاثود في كل حالة.

الملاحظـة :

كتل المواد المتكونة على كاثود كل خلية، تتناسب مع الكتل المكافئة الجرامية لكل منها :

النحاس $Cu^{2+} = \frac{63.5}{2} = 31.75$ ، الفضة $Ag^+ = \frac{107.88}{1} = 107.88$ ، الألومنيوم $Al^{3+} = \frac{27}{3} = 9$

الاستنتـاج :

تتناسب كتل المواد المتكونة أو المستهلكة عند مرور نفس كمية الكهربية تناسباً طردياً مع كتلتها المكافئة الجرامية.

الصيغة الرياضية

$$\frac{\text{كتلة العنصر الأول}}{\text{كتلة العنصر الثاني}} = \frac{\text{الكتلة المكافئة للعنصر الأول}}{\text{الكتلة المكافئة للعنصر الثاني}}$$

أو

$$\frac{\text{كتلة العنصر الأول}}{\text{الكتلة المكافئة للعنصر الأول}} = \frac{\text{كتلة العنصر الثاني}}{\text{الكتلة المكافئة للعنصر الثاني}}$$

الكتلة المكافئة

- هي خارج قسمة الكتلة الذرية للعنصر على التكافؤ (عدد شحنات الأيون).

$$\text{الكتلة المكافئة الجرامية} = \frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية}}{\text{عدد شحنات أيون العنصر (Z)}}$$

مثال: الكتلة المكافئة الجرامية للنحاس $(Cu^{2+}) = \frac{63.5}{2} = 31.75\ g$



بعض المترادفات اللفظية :

- المكافئ الجرامي = الكتلة المكافئة = الوزن المكافئ.
- الكتلة الذرية الجرامية = الوزن الذري الجرامي = الذرة الجرامية = g/atom = المول ذرة.

- هي كتلة المادة التي لها القدرة على فقد أو اكتساب مول واحد من الإلكترونات أثناء التفاعل الكيميائي.

$1\ mol\ e^- = 6.022\times10^{23} \times 1.602\times10^{-19} = 96472 \simeq 96500\ C$ (الفاراداي)

- هي كتلة المادة المترسبة أو المتصاعدة عند إمرار واحد فاراداي خلال محلول إلكتروليتي.

وحدات قياس كمية الكهربية

الكولوم

- حاصل ضرب وحدة شدة التيار (الأمبير) × وحدة الزمن (الثانية).
- كمية الكهرباء الناتجة من إمرار تيار شدته (1A) في زمن قدره (1s) خلال موصل.

كمية الكهربية (C) = شدة التيار (A) × الزمن (s)

- كمية الكهرباء اللازمة لترسيب **1.118 mg** من الفضة.

الفاراداي

- كمية الكهربية اللازمة لاستهلاك أو تكوين الكتلة المكافئة الجرامية لمادة عند الأقطاب بالتحليل الكهربي.

العلاقة بين وحدتي كمية الكهربية (الفاراداي و الكولوم)

يتم ترسيب الفضة من محلول نترات الفضة **تبعاً للمعادلة :**

$$Ag^+_{(aq)} + e^- \longrightarrow Ag_{(s)}$$

∴ يلزم لترسيب كتلة مكافئة جرامية من الفضة (107.88 g) كمية كهربية مقدارها 1 F ..... (1)

وقد وجد عملياً أنه يلزم لترسيب 1.118 mg $(1.118\times10^{-3}\ g)$ كمية كهربية مقدارها واحد كولوم (1 C) ..... (2)

ومن (1) ، (2) يمكن حساب قيمة الفاراداي :

$$1F \xrightarrow{Ag} 107.88\ g$$

$$1C \xrightarrow{Ag} 1.118\times10^{-3}\ g$$

$$1F = \frac{1\times107.88}{1.118\times10^{-3}} = 96494 \simeq 96500\ C$$

القانون العام للتحليل الكهربي

عند مرور واحد فاراداي [1F] (96500 C) خلال الإلكتروليت فإنه يؤدي إلى ذوبان أو تصاعد أو ترسيب كتلة مكافئة جرامية من المادة عند أحد الأقطاب.



كمية الكهربية

٢ كمية الكهربية (C) = شدة التيار (A) × الزمن (s) | $96500\ C = 1\ F$


مثال ١٠

احسب شدة التيار الكهربي الناتجة عن إمرار كمية كهربية مقدارها 0.373 F خلال محلول إلكتروليتي في زمن قدره نصف ساعة.

الإجابة

$$\text{شدة التيار (A)} = \frac{\text{كمية الكهربية (C)}}{\text{الزمن (s)}} = \frac{0.373\times96500}{30\times60} = \mathbf{20\ A}$$

الكتلة المكافئة

٣ $$\text{الكتلة المكافئة الجرامية} = \frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية}}{\text{عدد شحنات أيون العنصر (Z)}}$$

القانون الثاني لفاراداي

٤
① $$\text{كمية الكهربية (F)} = \frac{\text{الكتلة المترسبة من العنصر (X)}}{\text{الكتلة المكافئة الجرامية للعنصر (X)}} = \frac{\text{الكتلة المترسبة من العنصر (Y)}}{\text{الكتلة المكافئة الجرامية للعنصر (Y)}}$$

② عدد المولات n_1 × عدد الشحنات Z_1 (للعنصر الأول) = عدد المولات n_2 × عدد الشحنات Z_2 (للعنصر الثاني)


مثال ١١

خليتان تحليليتان متصلتان على التوالي، تحتوي الأولى على محلول نترات الفضة $AgNO_3$ والثانية على مصهور كلوريد الألومنيوم $AlCl_3$ وبعد مرور التيار الكهربي فيهما لفترة زمنية محددة ازدادت كتلة كاثود الخلية الأولى 3 g ، فما مقدار الزيادة في كاثود الخلية الثانية ؟ [Ag = 108 , Al = 27]

الإجابة

∵ $$\text{الكتلة المكافئة} = \frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية}}{\text{عدد شحنات أيون العنصر (Z)}}$$

∴ $$\text{الكتلة المكافئة للفضة} = \frac{108}{1} = 108\ g$$

∴ $$\text{الكتلة المكافئة للألومنيوم} = \frac{27}{3} = 9\ g$$

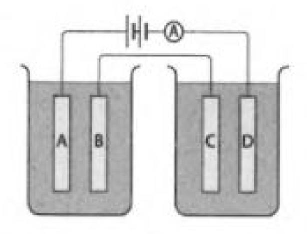
الخليتان متصلتان على التوالي فهذا يعني أن كمية الكهرباء ثابتة في كل منهما، وعليه فإن :

$$\frac{\text{الكتلة المترسبة من الفضة (Ag)}}{\text{الكتلة المكافئة للفضة (Ag)}} = \frac{\text{الكتلة المترسبة من الألومنيوم (Al)}}{\text{الكتلة المكافئة للألومنيوم (Al)}}$$

$$\frac{X}{9} = \frac{3}{108}$$

∴ $$\text{كتلة الألومنيوم المترسبة} = \frac{9\times3}{108} = \mathbf{0.25\ g}$$





في الدائرة الكهربية الموضحة بالشكل :

لوحظ ترسب 12.8 g من النحاس (Cu^{2+}) على القطب (B) وترسب 14 g من السيريوم (Ce) على القطب (D) بعد مرور فترة زمنية معينة.

احسب عدد تأكسد السيريوم. [Cu = 63.5 , Ce = 140]

الإجابة

$$\frac{\text{الكتلة المترسبة من النحاس (Cu)}}{\text{الكتلة المكافئة للنحاس (Cu)}} = \frac{\text{الكتلة المترسبة من السيريوم (Ce)}}{\text{الكتلة المكافئة للسيريوم (Ce)}}$$

$$\frac{\text{الكتلة المترسبة من النحاس (Cu)}}{\frac{\text{الكتلة الذرية للنحاس (Cu)}}{\text{عدد تأكسد النحاس (Cu)}}} = \frac{\text{الكتلة المترسبة من السيريوم (Ce)}}{\frac{\text{الكتلة الذرية للسيريوم (Ce)}}{\text{عدد تأكسد السيريوم (Ce)}}}$$

$$\frac{12.8}{(\frac{63.5}{2})} = \frac{14}{(\frac{140}{X})} \Leftarrow \frac{12.8}{31.75} = \frac{14\,X}{140}$$

$$\therefore \text{عدد تأكسد السيريوم (X)} = \frac{140 \times 12.8}{14 \times 31.75} = 4$$



أمرت كمية كهرباء واحدة في خليتين تحليليتين متصلتين على التوالي فكان عدد مولات الفلز (X) المترسبة في الخلية الأولى 0.165 mol ، وعدد مولات الفلز (Y) المترسبة في الخلية الثانية 0.33 mol ، فإذا كان رمز أيون الفلز في الخلية الأولى (X^{2+}) ، ما رمز الأيون (Y) في الخلية الثانية ؟ ....

(أ) Y^{+}

(ب) Y^{2+}

(جـ) Y^{3+}

(د) Y^{4+}

القانون العام للتحليل الكهربي

العلاقة بين كمية الكهربية وكتلة المادة المتكونة

٥

(١) $$\frac{\text{كمية الكهربية}}{1\text{ F }(96500\text{ C})} = \frac{\text{كتلة المادة المترسبة}}{\text{الكتلة المكافئة}}$$

(٢) $$\text{كتلة المادة المترسبة} = \frac{\text{شدة التيار (A)} \times \text{الزمن (s)} \times \text{الكتلة المكافئة}}{96500\text{ C}}$$

(٣) الكتلة المكافئة الجرامية (g) ⟶ 1 F (96500 C)

الكتلة المترسبة (g) ⟶ كمية الكهربية





مثال ١٣

احسب كمية الكهربية اللازمة لترسيب 5.9 g من النيكل من محلول كلوريد النيكل II

علماً بأن تفاعل الكاثود : $Ni^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Ni_{(s)}$ [Ni = 59]

الإجابة

الكتلة المكافئة الجرامية (g) = $\frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية}}{\text{عدد شحنات أيون العنصر (Z)}} = \frac{59}{2} = 29.5\ g$

∵ كمية الكهربية = $\frac{96500 \times \text{الكتلة المترسبة}}{\text{الكتلة المكافئة الجرامية}} = \frac{96500 \times 5.9}{29.5} = 19300\ C$

حل آخر

$96500\ C \longrightarrow 29.5\ g$

$X\ \ C \longrightarrow 5.9\ g$

$X = \frac{96500 \times 5.9}{29.5} = 19300\ C$

مثال ١٤

احسب كتلة البلاتين الناتج من إمرار **4825 C** في محلول كلوريد البلاتينIV ،

علماً بأن التفاعلات التي تحدث عند الأقطاب هي : $Pt^{4+}_{(aq)} + 4e^- \longrightarrow Pt_{(s)}$ [Pt = 195]

الإجابة

∵ الكتلة المكافئة الجرامية للبلاتين (Pt) = $\frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية}}{\text{عدد شحنات أيون العنصر (Z)}} = \frac{195}{4} = 48.75\ g$

∵ الكتلة المترسبة = $\frac{\text{كمية الكهربية} \times \text{الكتلة المكافئة الجرامية}}{96500} = \frac{4825 \times 48.75}{96500} = 2.44\ g$

حل آخر

$96500\ C \longrightarrow 48.75\ g$

$4825\ C \longrightarrow X\ g$

$X = \frac{4825 \times 48.75}{96500} = 2.44\ g$

مثال ١٥

احسب الزمن بالدقائق اللازم لترسيب 3.175 g من النحاس عند مرور تيار كهربي شدته 5 A

في محلول كبريتات النحاس II ، **علماً بأن تفاعل الكاثود :** $Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cu_{(s)}$ [Cu = 63.5]

الإجابة

الكتلة المكافئة الجرامية = $\frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية}}{\text{عدد شحنات أيون العنصر (Z)}} = \frac{63.5}{2} = 31.75\ g$

$96500\ C \longrightarrow 31.75\ g$

$X\ \ C \longrightarrow 3.175\ g$

$X = \frac{96500 \times 3.175}{31.75} = 9650\ C$

∴ الزمن (s) = $\frac{\text{كمية الكهربية (C)}}{\text{شدة التيار (A)}} = \frac{9650}{5} = 1930\ s = 32.17\ min$

حل آخر

الزمن = $\frac{96500 \times \text{الكتلة المترسبة}}{\text{شدة التيار} \times \text{الكتلة المكافئة الجرامية}}$

$= \frac{96500 \times 3.175}{31.75 \times 5} = 1930\ s$

$= 32.17\ min$

العلاقة بين كمية الكهربية وعدد الإلكترونات المتحررة

- كمية الكهربية اللازمة لترسيب المول (g/atom) **من فلز صلب** = الفاراداي (F) × عدد شحنات الأيون (Z)
- كمية الكهربية اللازمة لتصاعد المول **من غاز** = الفاراداي (F) × عدد شحنات الأيون (Z) × عدد ذرات جزئ الغاز
- كمية الكهربية اللازمة لتحرر مول **من مادة** = عدد مولات الإلكترونات المفقودة أو المكتسبة للمول الواحد من المادة

أمثلة لغازات	أمثلة لفلزات
$2H^+_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow H_{2(g)}$ .... (2F)	$Ag^+_{(aq)} + e^- \longrightarrow Ag_{(s)}$ .... (1F)
$2Cl^-_{(aq)} \longrightarrow Cl_{2(g)} + 2e^-$ .... (2F)	$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cu_{(s)}$ .... (2F)
$O_{2(g)} + 4e^- + 2H_2O \longrightarrow 4OH^-_{(aq)}$ .... (4F)	$Al^{3+}_{(aq)} + 3e^- \longrightarrow Al_{(s)}$ .... (3F)

مثال ١٦

عند التحليل الكهربي لمصهور **(Al_2O_3)** ، احسب عدد الفاراداي اللازم لتكوين أو استهلاك **مول واحد لكل من :**

❶ الألومنيوم. ❷ الأكسچين. ❸ أكسيد الألومنيوم.

الإجابة

❶ كمية الكهربية اللازمة لتكوين مول من (Al) = الفاراداي (F) × عدد شحنات الأيون (Z)

= 3F

❷ كمية الكهربية اللازمة لتكوين مول من (O_2) = الفاراداي (F) × عدد شحنات الأيون (Z) × عدد ذرات جزئ الغاز

= 2 × 2 = 4F

❸ يمكن الإجابة عن طريق حساب كمية الكهربية اللازمة لتكوين أيًا من النواتج.

$$Al_2O_{3(s)} \longrightarrow \frac{3}{2}O_{2(g)} + 2Al_{(\ell)}$$

أولاً : عن طريق الألومنيوم :

$$1\ mol\ Al \longrightarrow 3\ F$$
$$2\ mol\ Al \longrightarrow X\ F$$
$$X = \frac{2\times 3}{1} = 6F$$

ثانياً : عن طريق الأكسچين :

$$1\ mol\ O_2 \longrightarrow 4\ F$$
$$\frac{3}{2}\ mol\ O_2 \longrightarrow X\ F$$
$$X = \frac{4\times\frac{3}{2}}{1} = 6F$$



مثال ١٧

احسب كمية الكهرباء بالفاراداي اللازمة لاختزال مول واحد من كل مما يأتي ليعطي الناتج المبين:

(1) $Fe^{3+}_{(aq)} \longrightarrow Fe^{2+}_{(aq)}$ (2) $MnO_4^-{}_{(aq)} \longrightarrow MnO_{2(aq)}$

الإجابة

كمية الكهرباء (F) لاختزال مول واحد = عدد مولات الإلكترونات المكتسبة.

(1) $Fe^{3+}_{(aq)} + e^- \longrightarrow Fe^{2+}_{(aq)}$ ∴ كمية الكهرباء = 1 F

(2) $Mn^{7+}_{(aq)} + 3e^- \longrightarrow Mn^{4+}_{(aq)}$ ∴ كمية الكهرباء = 3 F



المول وحجم الغاز


① عدد المولات = $\frac{\text{كتلة المادة (g)}}{\text{الكتلة المولية (g/mol)}}$ ② عدد المولات = $\frac{\text{حجم الغاز (L)}}{22.4 \text{ (L/mol)}}$


مثال ١٨

احسب حجم غاز الأكسچين الناتج عن مرور كمية كهربية مقدارها **5 F** في إلكتروليت (at STP) [O = 16]

$$4OH^-_{(aq)} \longrightarrow 2H_2O_{(\ell)} + O_{2(g)} + 4e^-$$

الإجابة

الكتلة المكافئة الجرامية (g) = $\frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية}}{\text{عدد شحنات أيون العنصر (Z)}} = \frac{16}{2} = $ **8 g**

$1\text{ F} \longrightarrow 8\text{ g}$

$5\text{ F} \longrightarrow X\text{ g}$

⇦ $X = \frac{5 \times 8}{1} = 40\text{ g}$

عدد مولات غاز الأكسچين (O_2) = $\frac{\text{كتلة المادة}}{\text{كتلة المول}} = \frac{40}{2 \times 16} = 1.25\text{ mol}$

حجم الغاز = عدد المولات × 22.4 = 1.25 × 22.4 = **28 L**

حل آخر

كمية الكهربية اللازمة لفصل 1 مول (O_2)

= الفاراداي (F) × عدد مولات الإلكترونات

= 4 × 1 = 4 F

$1\text{ mol }(O_2) = 22.4\text{ L} \longrightarrow 4\text{ F}$

$X\text{ L} \longrightarrow 5\text{ F}$

$\therefore X = \frac{5 \times 22.4}{4} = $ **28 L**


شغل دماغك ٢٧

الشكل المقابل يعبر عن خلية تحليلية لمصهور أكسيد الحديد III ، عند مرور تيار كهربي شدته 10A لمدة ساعتين في مصهور أكسيد الحديد III ، فإن حجم الغاز المتصاعد عند الأنود في (STP) يكون .... (تجريبي ٢١)



Pt Pt

مصهور أكسيد الحديد III

Ⓐ 12.51 L

Ⓑ 4.17 L

Ⓒ 8.34 L

Ⓓ 16.68 L

شغل دماغك ٢٨

ما كمية الكهربية اللازمة لتصاعد 1.12 L من غاز الهيدروچين عند التحليل الكهربي للماء في STP ؟ .... [H = 1]

علماً بأن تفاعل الكاثود: $2H_2O_{(\ell)} + 2e^- \longrightarrow H_{2(g)} + 2OH^-_{(aq)}$

Ⓐ 0.05 F

Ⓑ 0.1 F

Ⓒ 0.2 F

Ⓓ 0.5 F

حجم الأجسام الصلبة



٨

(١) حجم الجسم الصلب = $\frac{\text{كتلة المادة (g)}}{\text{الكثافة }(g/cm^3)}$

(٢) حجم الجسم الصلب المنتظم (cm^3) = مساحة السطح (cm^2) × الارتفاع (السُمك)



مثال ١٩

أجريت عملية طلاء لوجه واحد لشريحة من النحاس مساحتها $100\ cm^2$ بإمرار كمية كهرباء مقدارها $0.5\ F$ في محلول مائي من كلوريد الذهب III ، علماً بأن : الكتلة الذرية للذهب 196.98 وكثافة الذهب $13.2\ g/cm^3$

أجب عما يلي :

❶ اكتب التفاعل الحادث عند الكاثود (تفاعل الطلاء).

❷ احسب سمك طبقة الذهب المترسبة على وجه الشريحة.

الإجابة

❶ **التفاعل الحادث عند الكاثود (تفاعل الطلاء) :**

$$Au^{3+}_{(aq)} + 3e^- \longrightarrow Au_{(g)}$$

❷ **أولاً : إيجاد كتلة طبقة الذهب المترسبة :**

$$\text{الكتلة المكافئة} = \frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية}}{\text{عدد شحنات أيون العنصر }(Z)} = \frac{196.98}{3} = 65.66\ g$$

$$1\ F \longrightarrow 65.66\ g$$
$$0.5\ F \longrightarrow X\ g$$

⇦ $$X = \frac{0.5 \times 65.66}{1} = 32.83\ g$$

ثانياً : إيجاد حجم طبقة الذهب = $\frac{\text{الكتلة}}{\text{الكثافة}} = \frac{32.83}{13.2} = 2.487\ cm^3$

ثالثاً : إيجاد سمك طبقة الذهب = $\frac{\text{الحجم}}{\text{مساحة السطح}} = \frac{2.487}{100} = 0.02487\ cm$



شغل دماغك ٢٩

عند إمرار تيار كهربي شدته $10\ A$ لمدة ساعة في خلية التحليل الكهربي لمحلول كلوريد النحاس II تكونت طبقة من النحاس عند الكاثود حجمها $1.322\ cm^3$ ، ما كثافة النحاس المتكونة؟ .... [Cu = 63.5]

(أ) $0.53\ g/cm^3$

(ب) $0.11\ g/cm^3$

(ج) $15.66\ g/cm^3$

(د) $8.96\ g/cm^3$



تركيز المحلول

❾ ① عدد المولات = $\frac{\text{كتلة المادة (g)}}{\text{الكتلة المولية (g/mol)}}$ ② تركيز المحلول = $\frac{\text{عدد مولات المذاب (mol)}}{\text{حجم المحلول (L)}}$



مثال ٢٠

ما تركيز محلول نترات الفضة قبل إجراء التحليل كهربي لمحلول حجمه 500 mL واستهلك لترسيب كل الفضة كمية كهربية مقدارها 0.1 F ؟

الإجابة

يتأين محلول نترات الفضة تبعًا للمعادلة التالية: $AgNO_{3(aq)} \longrightarrow Ag^+_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)}$

تُختزل أيونات الفضة ليترسب الفضة تبعًا للمعادلة التالية: $Ag^+_{(aq)} + e^- \longrightarrow Ag_{(s)}$

ومنها يكون : عدد مولات نترات الفضة قبل التحليل الكهربي = عدد مولات الفضة المترسبة بعد التحليل الكهربي

$$1\ mol\ (Ag) \longrightarrow 1\ F$$
$$X\ mol\ (Ag) \longrightarrow 0.1\ F$$

⇦ $X = \frac{0.1\times1}{1} = 0.1\ mol$

∵ عدد مولات نترات الفضة قبل التحليل الكهربي = 0.1 mol ∵ حجم المحلول (L) = $\frac{500}{1000} = 0.5\ L$

∴ تركيز محلول نترات الفضة قبل التحليل الكهربي = $\frac{\text{عدد مولات المذاب (mol)}}{\text{حجم المحلول (L)}} = \frac{0.1}{0.5} =$ **0.2 M**



شغل دماغك ٣٠

عند إمرار تيار كهربي شدته 2.5 A في محلول كلوريد النحاس II لمدة 45 min

بفرض أن المادة المترسبة هي كل أيونات النحاس في المحلول، وحجم المحلول المستخدم 0.5 L

ما تركيز المحلول قبل عملية التحليل الكهربي؟ .... [Cu = 63.5]

ⓐ 0.07 mol/L ⓑ 0.035 mol/L ⓒ 0.14 mol/L ⓓ 0.21 mol/L

ملاحظات

❶ المكافئ الجرامي لعنصر **صلب أحادي** التكافؤ، مثل: (Ag – Na) = كتلته الذرية أي 1 mol

المكافئ الجرامي لعنصر **غازي (بخار) أحادي** التكافؤ، مثل: ($Cl_2 - H_2 - Br_2 - I_2$) = $\frac{1}{2}$ mol من الغاز

❷ المكافئ الجرامي لعنصر **صلب ثنائي** التكافؤ، مثل: ($Mg - Ca - Fe^{2+}$) = نصف كتلته الذرية أي $\frac{1}{2}$ mol

المكافئ الجرامي لعنصر **غازي ثنائي** التكافؤ، مثل: (O_2) = $\frac{1}{4}$ mol من الغاز

❸ المكافئ الجرامي لعنصر **صلب ثلاثي** التكافؤ، مثل: ($Al - Fe^{3+}$) = ثلث كتلته الذرية أي $\frac{1}{3}$ mol

المكافئ الجرامي لعنصر **غازي ثلاثي** التكافؤ، مثل: (N_2) = $\frac{1}{6}$ mol من الغاز

❹ المكافئ الجرامي لعنصر **صلب رباعي** التكافؤ، مثل: ($Ce^{4+} - Pt^{4+}$) = ربع كتلته الذرية أي $\frac{1}{4}$ mol

أولاً الأسئلة الموضوعية (الاختيار من متعدد) "كل سؤال درجة واحدة"

١ في التفاعل التالي: $MnO_{2(s)} + 4HCl_{(aq)} \longrightarrow MnCl_{2(g)} + 2H_2O_{(\ell)} + Cl_{2(g)}$

فإن التغيرات الحادثة هي .... (مصر ثان ٢١)

(أ) Mn^{4+} / Mn^{2+} , $Cl_2 / 2Cl^-$
(ب) Mn^{4+} / Mn^{2+} , $2Cl^- / Cl_2$
(ج) Mn^{2+} / Mn^{4+} , $2Cl^- / Cl_2$
(د) Mn^{2+} / Mn^{4+} , $Cl_2 / 2Cl^-$

٢ عند وضع ساق من عنصر A في محلول لأيونات العنصر B،

فإذا علمت أن تكافؤ العنصر A ثنائي وتكافؤ العنصر B أحادي، فأي مما يلي صحيح؟ .... (مصر أول ٢١)

(أ) عدد مولات A الذائبة ضعف عدد مولات B المترسبة.
(ب) عدد مولات A الذائبة نصف عدد مولات B المترسبة.
(ج) عدد مولات A الذائبة تساوي عدد مولات B المترسبة.
(د) عدد مولات A الذائبة ثلاثة أمثال عدد مولات B المترسبة.

٣ في الخلية الجلفانية الموضحة بالرمز الاصطلاحي الآتي: $Zn_{(s)} / Zn^{2+}_{(aq)} // Pb^{2+}_{(aq)} / Pb_{(s)}$

عند إضافة قطرات من $HCl_{(aq)}$ إلى كلٍّ من نصفي الخلية؟

فأي مما يلي يُعد صحيحًا؟ .... (مصر أول ٢٣)

(أ) يزداد تركيز أيونات $Pb^{2+}_{(aq)}$
(ب) تزداد قيمة emf للخلية.
(ج) يقل زمن استهلاك البطارية.
(د) يقل تركيز أيونات $Zn^{2+}_{(aq)}$

٤ لديك خلية جلفانية أولية مكونة من قطبين (X) ، (Y)

إذا علمت أن: $[X^{2+} / X = +0.34V]$, $[Y^{2+} / Y = -0.76V]$

وعند استبدال نصف الخلية X بـ $[Z^{2+}/Z = -2.375V]$ في الظروف المناسبة

فأيُّ الاختيارات الآتية صحيح؟ .... (مصر ثان ٢٣)

(أ) يتغير اتجاه التيار الكهربي وتقل قيمة *emf*
(ب) لا يتغير اتجاه التيار الكهربي وتقل قيمة *emf*
(ج) يتغير اتجاه التيار الكهربي وتزداد قيمة *emf*
(د) لا يتغير اتجاه التيار الكهربي وتزداد قيمة *emf*

٥ التفاعلات التالية تحدث في خلايا جلفانية في الظروف القياسية: (تجريبي ٢٣)

$X + Y^{2+} \longrightarrow X^{2+} + Y$, $emf = +0.351$ V

$Y + Z^{2+} \longrightarrow Y^{2+} + Z$, $emf = +0.749$ V

$Z + X^{2+} \longrightarrow Z^{2+} + X$

من التفاعلات السابقة تكون قيمة *emf* للخلية التالية هي ....

(أ) -1.1 V
(ب) $+1.1$ V
(ج) $+0.398$ V
(د) $+0.398$ V



٦ جهد خلية مكونة من عنصر (X) وقطب الهيدروجين القياسي = 0.280 V

جهد خلية مكونة من عنصر (X) وعنصر (Y) = 2.095 V

عند وضع العنصر (X) في حمض HCl مخفف يذوب فيه.

عند وضع عنصر (Y) في محلول العنصر (X) لا يحدث تفاعل.

فإن جهد الخلية المكونة من عنصر (Y) وقطب الهيدروجين القياسي يساوي .... (مصر أول ٢٣)

أ) –2.375 V

ب) +2.375 V

ج) +1.815 V

د) –1.815 V

---

٧ **المعادلات التالية تعبر عن تفاعلي نصفي خلية كهربية:**

$2Ni^{3+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow 2Ni^{2+}_{(aq)}$, $E° = +0.898\ V$

$Cd^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cd^0_{(s)}$, $E° = -0.402\ V$

فإن تفاعل الأكسدة غير التلقائي في الخلية هو .... (مصر أول ٢٣)

أ) $Cd^0_{(s)} \longrightarrow Cd^{2+}_{(aq)} + 2e^-$, $E° = +0.402\ V$

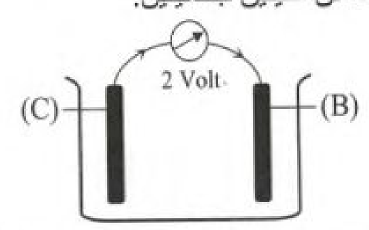
ب) $2Ni^{2+}_{(aq)} \longrightarrow 2Ni^{3+}_{(aq)} + 2e^-$, $E° = -0.898\ V$

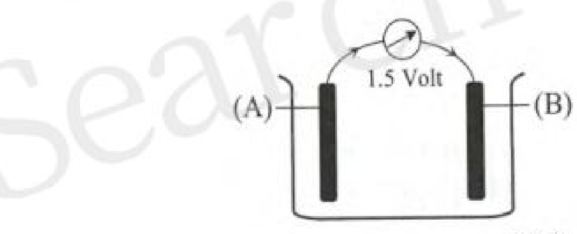
ج) $Cd^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cd^0_{(s)}$, $E° = -0.402\ V$

د) $2Ni^{3+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow 2Ni^{2+}_{(aq)}$, $E° = +0.898\ V$

---

٨ الشكلان التاليان يمثلان خليتين جلفانيتين:





إذا علمت أن كلًا من (A) ، (B) ثنائي التكافؤ ، و (C) ثلاثي التكافؤ،

فإن الرمز الاصطلاحي للخلية الجلفانية المكونة من العنصرين (A) ، (C) هو .... (مصر أول ٢٣)

أ) $2C_{(s)} / 2C^{3+}_{(aq)} // 3A^{2+}_{(aq)} / 3A_{(s)}$

ب) $3A_{(s)} / 3A^{2+}_{(aq)} // 2C^{3+}_{(aq)} / 2C_{(s)}$

ج) $2A_{(s)} / 2A^{3+}_{(aq)} // 3C^{2+}_{(aq)} / 3C_{(s)}$

د) $3C_{(s)} / 3C^{2+}_{(aq)} // 2A^{3+}_{(aq)} / 2A_{(s)}$

---

٩ في خلية الزئبق وخلية الوقود، أي مما يلي يُعد صحيحاً؟ .... (مصر أول ٢٢)

أ) أيونات الأكسچين في خلية الزئبق يحدث لها أكسدة.

ب) أيونات الأكسچين في خلية الوقود يحدث لها اختزال.

ج) أيونات الأكسچين في خلية الزئبق لا يحدث لها أكسدة ولا اختزال.

د) أيونات الأكسچين في خلية الوقود يحدث لها أكسدة.

10 إذا علمت أن: $(Pb^{2+} / Pb^{4+}) = -1.69\ V$, $(Hg / Hg^{+}) = -0.59\ V$

$$PbO_{2(s)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} + 4H^{+}{}_{(aq)} + 2Hg_{(\ell)} + 2Cl^{-}{}_{(aq)} \longrightarrow Hg_2Cl_{2(s)} + PbSO_{4(s)} + 2H_2O_{(\ell)}$$

يعتبر التفاعل السابق .... (تجريبي ٢٣)

أ) غير تلقائي ، $emf = -1.1V$
ب) تلقائي ، $emf = +1.1V$
ج) غير تلقائي ، $emf = -2.28V$
د) تلقائي ، $emf = +2.28V$

---

11 أثناء تشغيل خلية الوقود، أي الاختيارات الآتية صحيحًا؟ .... (تجريبي ٢٣)

أ) يظل تركيز الإلكتروليت ثابت.
ب) يقل تركيز الإلكتروليت.
ج) تقل قيمة pH للإلكتروليت.
د) تزداد قيمة pH للإلكتروليت.

---

12 عند توصيل المركم الرصاصي بمصدر تيار كهربي خارجي قوته الدافعة الكهربية 14 V

فأي مما يلي يعد صحيحًا ؟ .... (تجريبي ٢٣)

أ) تقل قيمة pOH للمحلول الإلكتروليتي.
ب) تقل قيمة pH للمحلول الإلكتروليتي.
ج) يزداد عدد تأكسد الرصاص عند الأنود.
د) تزداد كمية الماء في البطارية.

---

13 أي الاختيارات الآتية صحيحة عند تفريغ بطارية الرصاص الحامضية؟ .... (مصر ثان ٢١)

أ) يزداد تركيز الحمض وتقل كثافته.
ب) يقل تركيز الحمض وتزداد كثافته.
ج) يتغير عدد تأكسد مادة الكاثود من (+4) إلى (+2)
د) يتغير عدد تأكسد مادة الأنود من (0) إلى (+4)

---

14 إذا علمت أن جهود أقطاب بطارية جلفانية ثانوية هي كما يلي:

$$NiO_2 + 2H_2O + 2e^{-} \longrightarrow Ni(OH)_2 + 2OH^{-} \qquad E^{\circ} = +0.49\ V$$

$$Fe(OH)_2 + 2e^{-} \longrightarrow Fe + 2OH^{-} \qquad E^{\circ} = -0.88\ V$$

ولشحن هذه البطارية شحنًا تامًا يتم توصيلها بمصدر كهربي قوته الدافعة تساوي .... (مصر أول ٢٣)

أ) 2 V
ب) 1.37 V
ج) 220 V
د) 1.3 V

---

15 جهود الاختزال القياسية للعناصر (X) ، (Y) ، (Z) كما في الجدول:

العناصر	X	Y	Z
جهود الاختزال	– 0.28 V	+ 1.2 V	– 1.029 V

أي من الطلاءات التالية الأسرع تآكلًا للفلز المطلي عند الخدش؟ .... (مصر أول ٢٣)

أ) طلاء العنصر (X) بالعنصر (Z)
ب) طلاء العنصر (Z) بالعنصر (Y)
ج) طلاء العنصر (Y) بالعنصر (X)
د) طلاء العنصر (X) بالعنصر (Y)



١٦ الجدول الآتي يوضح الجهود الكهربية لعدة فلزات:

الفلز	Fe	X	Y	Z
جهد الاختزال	– 0.409 V	– 2.375 V	– 1.67 V	– 0.23 V

لديك أربع قطع حديد تم طلاء جزء من الأولى بواسطة (X) ، وطلاء جزء من الثانية بواسطة (Y) وطلاء جزء من الثالثة بواسطة (Z) وتركت الرابعة بدون طلاء

فإن القطعة التي تصدأ أسرع هي .... (تجريبي ٢٣)

أ) الأولى. ب) الثالثة. ج) الرابعة. د) الثانية.

ثانيًا الأسئلة الموضوعية (الاختيار من متعدد) "كل سؤال درجتان"

١٧ في التفاعل التالي: $2Ag^{+}_{(aq)} + Mn^{0}_{(s)} \longrightarrow Mn^{2+}_{(aq)} + 2Ag^{0}_{(s)}$

أيٌّ مما يلي يعبر عن الرمز الاصطلاحي للخلية الجلفانية والعامل المختزل فيها؟ .... (مصر ثان ٢٣)

أ) $Mn^{0}_{(s)} / Mn^{2+}_{(aq)} // 2Ag^{+}_{(aq)} / 2Ag^{0}_{(s)}$ ، العامل المحتزل هو Mn

ب) $Ag^{0}_{(s)} / Ag^{+}_{(aq)} // Mn^{2+}_{(aq)} / Mn^{0}_{(s)}$ ، العامل المحتزل هو Ag

ج) $Mn^{2+}_{(aq)} / Mn^{0}_{(s)} // Ag^{+}_{(aq)} / Ag^{0}_{(s)}$ ، العامل المحتزل هو Mn

د) $2Ag^{+}_{(aq)} / 2Ag^{0}_{(s)} // Mn^{0}_{(s)} / Mn^{2+}_{(aq)}$ ، العامل المحتزل هو Ag

١٨ باستخدام جهود الأكسدة الموجودة في الجدول التالي:

الأقطاب	A	B	C
جهود الأكسدة	+ 0.52 V	+ 0.12 V	– 0.34 V

لتنقية فلز جهد اختزاله 0.8 V يتم توصيل الخلية التحليلية بخلية جلفانية مكونة من .... (تجريبي ٢٣)

أ) (A) ، (C) ، ويوصل (A) بالفلز المراد تنقيته.

ب) (B) ، (C) ، ويوصل (C) بالفلز النقي.

ج) (A) ، (B) ، ويوصل (B) بالفلز النقي.

د) (A) ، (C) ، ويوصل (C) بالفلز المراد تنقيته.

١٩ في خلية تنقية عينة من الكروم تحتوي على شوائب (X) ، (Y) لوحظ ترسيب (X) ، (Y) في قاع الإناء بعد تمام التنقية، وعند وضع العنصر (Y) في محلول ملح العنصر (X) يتغير لون المحلول.

ما الترتيب الصحيح لجهود أكسدة (X) ، (Y) ، (Cr) ؟ .... (مصر أول ٢٣)

أ) $Y < Cr < X$

ب) $Y < X < Cr$

ج) $X < Cr < Y$

د) $X < Y < Cr$

٢٠ قطعة من عنصر X تم تغطيتها بطبقة من عنصر Y ،
فإذا علمت أن جهد الاختزال للعنصر (X = 0.409 V –) وجهد الاختزال القياسي للعنصر (Y = 2.375 V –)
فأي مما يلي يعبر عن هذه العملية تعبيراً صحيحاً؟ .... (مصر ثان ٢٢)

(أ) حماية أنودية ويحدث الاختزال لأيونات العنصر (X)
(ب) حماية أنودية ويحدث اختزال لأكسچين الهواء الرطب.
(ج) حماية كاثودية ويحدث اختزال لأكسچين الهواء الرطب.
(د) حماية كاثودية ويحدث الاختزال لأيونات العنصر (X)

---

٢١ عند إمرار كمية من الكهرباء في مصهور نيتريد الماغنسيوم ترسب 48 g من الماغنسيوم عند الكاثود
فإن حجم غاز النيتروچين المتصاعد في (S.T.P) عند الأنود هو .... [Mg = 24 , N = 14] (مصر أول ٢٣)

(أ) 14.93 L
(ب) 22.4 L
(ج) 44.8 L
(د) 33.6 L

---

٢٢ إذا كانت كمية الكهربية اللازمة لترسب الكتلة المكافئة لأحد الفلزات تساوي كمية الكهربية اللازمة لترسيب 1 mol منه،
فأي مما يلي يعبر تعبيراً صحيحاً عن هذه العملية؟ .... (مصر أول ٢١)

(أ) يكتسب مول أيون من الفلز مول إلكترون.
(ب) يفقد مول من الفلز مول إلكترون.
(ج) يكتسب مول أيون من الفلز 2 مول إلكترون.
(د) يفقد مول من الفلز 2 مول إلكترون.

ثالثاً الأسئلة المقالية (يتم الإجابة عليها بورقة الإجابة المخصصة لها) "سؤال بدرجتين"

٢٣ عند إمرار كمية من الكهربية في خليتين متصلتين على التوالي تحتوي الأولى على محلول $Pb(NO_3)_2$
فترسب 8.28 g من الرصاص بينما في الخلية الثانية حدث التفاعل : $X^{4+} + 3e^- \longrightarrow X^+$
احسب عدد المولات المتكونة من المادة X^+ [Pb = 207] (تجريبي ٢٣)

....
....
....
....
....
....
....
....

انتهت الأسئلة



الباب الخامس

الكيمياء العضوية

الدرس 1 مقدمة الكيمياء العضوية

الدرس 2 الألكانـات

الدرس 3 الميثـان

الدرس 4 الألكينـات

الدرس 5 الألكاينـات

الدرس 6 الهيدروكربونات الحلقية

الدرس 7 البنـزيـن العطـري

الدرس 8 تسمية وتحضير الكحولات

الدرس 9 الخـواص العامـة للكحـولات

الدرس 10 الفينـولات

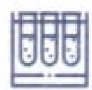
الدرس 11 الأحمـاض الكربوكسيلية

الدرس 12 الإستـرات



مخرجات تعلم الباب الخامس

بعد دراسة هذا الباب يجب أن يكون الطالب قادرًا على أن:



① يتعرف نظرية القوى الحيوية.

② يستنتج أن الكيمياء علم تجريبي.

③ يقارن بين المركبات العضوية وغير العضوية.

④ يميز بين الصيغ الجزيئية والصيغ البنائية.

⑤ يرسم متشكلات مختلفة للصيغة الجزيئية الواحدة.

⑥ يصنف المركبات العضوية.

⑦ يكشف على الكربون والهيدروچين في المواد العضوية معمليًا.

⑧ يصنف الهيدروكربونات إلى أنواعها المختلفة.

⑨ يسمي المركبات العضوية بنظام الإيوباك.

⑩ يشرح طرق تحضير الهيدروكربونات.

⑪ يكتب معادلات التفاعل ويرسم أجهزة التحضير.

⑫ يشرح الأهمية الاقتصادية للهيدروكربونات ومُشتقاتها.

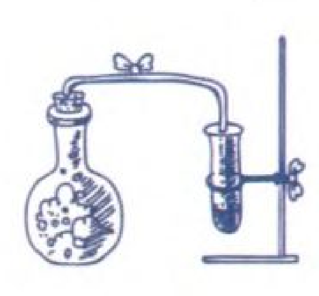
⑬ يتعرف المجموعات الوظيفية للمركبات العضوية.

⑭ يصنف الكحولات حسب مجموعة الهيدروكسيل وحسب الكاربينول.

⑮ يسمي الكحولات.

⑯ يتعرف التفاعلات المميزة للكحولات.

⑰ يكشف عن الكحولات والفينولات ويميز بينهما.



⑱ يوجد العلاقة بين المركبات العضوية الأخرى مثل الألدهيدات والكيتونات والأحماض.

⑲ يتعرف الأهمية الاقتصادية للكحولات.

⑳ يتعرف أنواع الأحماض الكربوكسيلية.

㉑ يسمي الأحماض والإسترات.

㉒ يتعرف الخواص العامة للأحماض الكربوكسيلية.

㉓ يتعرف إسهام التفاعلات العضوية المختلفة في تحضير العديد من المنتجات التي يستخدمها في حياتنا اليومية.

㉔ يتعرف الأهمية الاقتصادية لكل من الأحماض والإسترات



الباب الخامس
الكيمياء العضوية



الكيمياء العضوية

العلم الذي يختص بدراسة المركبات المشتقة من الكربون وكثير منها من أصل عضوي.

نبذة تاريخية

استخدم الإنسان في حياته منذ القدم كثيرًا من المواد التي استخلصها من الحيوانات والنباتات مثل الدهون والزيوت والسكر والخل والكحول والعطور، كما استخدم المصريون القدماء العقاقير في عمليات التحنيط والأصباغ ذات الألوان الثابتة التي مازالت ناصعة حتى الآن على معابدهم.

في عام 1806 قسم **برزيليوس** المركبات إلى نوعين :

① المركبات العضوية : هي المركبات التي تستخلص من أصل نباتي أو حيواني.

② المركبات غير العضوية : هي المركبات التي تأتي من مصادر معدنية من الأرض.

أولًا نظرية القوى الحيوية (برزيليوس) 1806

« تتكون المركبات العضوية داخل خلايا الكائنات الحية بواسطة قوى حيوية ولا يمكن تحضيرها في المختبرات »

ثانيًا تحطيم نظرية القوى الحيوية (فوهلر) 1828

تمكن من تحضير اليوريا (البولينا) وهو «**مركب عضوي يتكون في بول الثدييات**» في المختبر وذلك بتسخين محلول مائي لمركبين غير عضويين هما كلوريد الأمونيوم وسيانات الفضة.

$$\underset{\text{كلوريد الأمونيوم}}{NH_4Cl_{(aq)}} + \underset{\text{سيانات الفضة}}{AgCNO_{(aq)}} \longrightarrow \underset{\text{كلوريد الفضة}}{AgCl_{(s)}} + \underset{\text{سيانات الأمونيوم}}{NH_4CNO_{(aq)}}$$

$$\underset{\text{سيانات الأمونيوم}}{NH_4CNO_{(aq)}} \xrightarrow{\Delta} \underset{\text{اليوريا}}{H_2N-CO-NH_{2(s)}}$$

نتائج تجربة فوهلر

① انطلق العلماء ليملئوا الدنيا بمركباتهم العضوية في شتى مناحي الحياة من عقاقير ومنظفات وأصباغ وبلاستيك وأسمدة ومبيدات حشرية ... إلخ

② أصبحت المادة العضوية تعرف على أساس بنيتها التركيبية وليس على أساس مصدرها.



من خلال التفاعل التالي:

$$NH_3 + HCNO \longrightarrow X \xrightarrow{60°C} Y$$

أي من العبارات التالية صحيح؟ ....

Ⓐ X ، Y مركبان عضويان.

Ⓑ X ، Y مركبان غير عضويان.

Ⓒ X مركب عضوي ، Y مركب غير عضوي.

Ⓓ X مركب غير عضوي ، Y مركب عضوي.

علل ...؟

أصبحت المادة العضوية تعرف على أساس بنيتها التركيبية وليس على أساس مصدرها.

لأن معظم المركبات العضوية التي حُضّرت في المختبرات لا تتكون إطلاقًا داخل الكائنات الحية.

وجه المقارنة	علم الكيمياء العضوية	علم الكيمياء غير العضوية
التعريف	فرع الكيمياء الذي يهتم بدراسة مركبات عنصر الكربون **باستثناء :** ① أكاسيد الكربون. ② أملاح الكربونات. ③ أملاح السيانيد.	فرع الكيمياء الذي يهتم بدراسة بقية العناصر المعروفة.
عدد المركبات	يتعدى العشرة ملايين مركب ويزيد يومًا بعد يوم.	لا يتعدى النصف مليون مركب.
النسبة	20	1

علل ...؟

وفرة المركبات العضوية.

① قدرة ذرات الكربون على الارتباط مع نفسها أو مع غيرها بطرق عديدة (روابط أحادية أو ثنائية أو ثلاثية).

أمثلة :

② قد ترتبط ذرات الكربون مع بعضها بطرق مختلفة إما على هيئة :

سلاسل مستمرة، أو سلاسل متفرعة، أو حلقات متجانسة، أو حلقات غير متجانسة.

أمثلة :





أمام هذا الكم من المركبات العضوية كان لزامًا على العلماء تصنيف هذه المركبات بشكل منظم في مجموعات قليلة العدد نسبيًا ووضعوا أسسًا لتسميتها، وسنلقي لاحقًا الضوء على بعض هذه المجموعات وسندرس أيضًا بعض التفاعلات المهمة، وهدفنا من ذلك هو تقديم فكرة عامة عن بعض الموضوعات في مجال الكيمياء العضوية وأهميتها في حياتنا.

تدريب عملي: الفرق بين المركبات العضوية والمركبات غير العضوية

الخطوات :

(١) احضر بعض المواد العضوية الصلبة (**مثل:** شمع البرافين والنفثالين) والمواد السائلة (**مثل:** الكحول الإيثيلي والأسيتون والجلسرين)، وبعض المواد غير العضوية الصلبة (**مثل:** ملح الطعام وكبريتات النحاس II) والمواد السائلة (**مثل:** الماء).

(٢) قارن بين المواد العضوية وغير العضوية **من حيث :**

الذوبان – درجة الانصهار – درجة الغليان – القابلية للاشتعال – الرائحة – التوصيل الكهربي.

الاستنتاج :

من هذه التجربة وغيرها يمكن أن نستنتج الفرق بين المركبات العضوية وغير العضوية، كما يوضحه الجدول :

وجه المقارنة	المركبات العضوية	المركبات غير العضوية
التركيب الكيميائي	يشترط أن تحتوي على عنصر الكربون.	قد تحتوي على عنصر الكربون بالإضافة لعناصر أخرى.
الذوبان	لا تذوب في الماء غالبًا، وتذوب في المذيبات العضوية مثل البنزين.	تذوب غالبًا في المذيبات القطبية مثل الماء.
درجة الانصهار	منخفضة.	مرتفعة.
درجة الغليان	منخفضة.	مرتفعة.
الرائحة	لها روائح مميزة غالبًا.	عديمة الرائحة غالبًا.
الاشتعال	تشتعل وينتج دائمًا H_2O , CO_2	غير قابلة للاشتعال غالبًا وإذا اشتعل بعضها تنتج غازات أخرى.
أنواع الروابط في الجزيء	روابط تساهمية غير قطبية غالبًا.	روابط أيونية وتساهمية قطبية غالبًا.
التوصيل الكهربي	مواد غير إلكتروليتية لا توصل التيار الكهربي؛ لعدم قدرتها على التأين.	مواد إلكتروليتية توصل التيار الكهربي غالبًا؛ نظرًا لقدرتها على التأين.
سرعة التفاعلات	**بطيئة؛** لأنها تتم بين جزيئات.	**سريعة؛** تتم بين أيونات.
البلمرة أو التجمع	تتميز بقدرتها على تكوين بوليمرات.	لا توجد غالبًا.
المشابهة الجزيئية (الأيزوميرزم)	توجد بين كثير من المركبات.	لا توجد غالبًا بين جزيئات مركباتها هذه الخاصية.

الصيغة الجزيئية والصيغة البنائية للمركبات العضوية

الصيغة الجزيئية

صيغة تبين نوع وعدد ذرات كل عنصر في المركب فقط ولا تبين طريقة ارتباط الذرات مع بعضها في الجزيء.

الصيغة البنائية

صيغة تبين نوع وعدد ذرات كل عنصر في الجزيء وطريقة ارتباط الذرات مع بعضها بالروابط التساهمية.



① عدد الروابط التساهمية حول الذرة تبين تكافؤها فكل رابطة **تساهمية** واحدة تمثل تكافؤ واحد، ولكل عنصر يدخل في تركيب المركبات العضوية تكافؤ محدد وثابت.

② تكافؤ الكربون (C) رباعي، وتكافؤ النيتروجين (N) ثلاثي، وتكافؤ الأكسجين (O) ثنائي ، وتكافؤ كل من الهيدروجين (H) **الهالوجينات:** الفلور (F) ، الكلور (Cl) ، البروم (Br) ، اليود (I) أحادي.

تدريب ١

ارسم الصيغة البنائية للمركبات التي لها الصيغ الجزيئية التالية :

① CH_4O ② C_2H_2 ③ C_2H_4

④ $C_2H_4Cl_2$ ⑤ $C_2H_4O_2$ ⑥ N_2H_4CO



الصيغة الجزيئية	① CH_4O	② C_2H_2	③ C_2H_4	④ $C_2H_4Cl_2$	⑤ $C_2H_4O_2$	⑥ N_2H_4CO
الصيغة البنائية	H I H−C−O−H I H	H−C≡C−H	H H I I C=C I I H H	Cl Cl I I H−C−C−H I I H H	H O I II H−C−C−OH I H	H O H \ II / N−C−N / \ H H

شغل دماغك ٢

الصيغة البنائية

```
   CH5 CH3
    |   |
CH4—C———C—CH2
```

غير صحيحة، يمكن كتابتها بشكل صحيح بنفس الصيغة الجزيئية في كل مما يلي <u>ماعدا</u> ....

```
ⓐ
      CH3
      |
CH4−C−C−CH3
        |
        CH4

ⓑ
              CH3
              |
H3C−CH2−C−CH3
              |
              CH3

ⓒ
        CH3
        |
H3C−CH−CH−CH3
            |
            CH3

ⓓ
    CH3
    |
CH3−CH−CH2−CH2
              |
              CH3
```

(أ) (ب) (ج) (د)



المشابهة الجزيئية (التشكل) Isomerism

ظاهرة وجود عدة مركبات عضوية تشترك في صيغة جزيئية واحدة ولكنها تختلف عن بعضها في صيغتها البنائية والخواص الكيميائية والفيزيائية.

مثال : الصيغة الجزيئية C_2H_6O التي تمثل مركبين مختلفين تمامًا هما إثير ثنائي الميثيل والكحول الإيثيلي.

		إثير ثنائي الميثيل	الكحول الإيثيلي
الصيغة الجزيئية		C_2H_6O	
الصيغة البنائية		H H H–C–O–C–H H H	H H H–C–C–O–H H H
النماذج الجزيئية للذرات			
الخواص الفيزيائية	درجة الانصهار	– 138°C	– 117.3°C
	درجة الغليان	– 29.5°C	78.5°C
الخواص الكيميائية	التفاعل مع الصوديوم	لا يتفاعل	يحل محل هيدروچين مجموعة الهيدروكسيل.



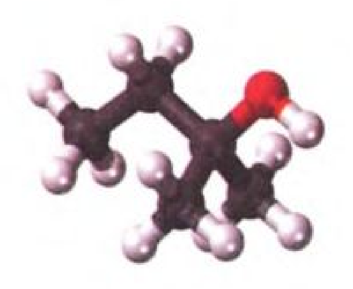
كيف تميز عمليًا بين : الكحول الإيثيلي و إثير ثنائي الميثيل ؟

الإجابة

التجربة	الكحول الإيثيلي	إثير ثنائي الميثيل
بإضافة قطعة صوديوم إلى كل منهما.	يتفاعل الصوديوم معه ويحل محل هيدروچين مجموعة الهيدروكسيل، ويتصاعد غاز الهيدروچين الذي يشتعل بفرقعة.	لا يتفاعل.



كتابة الصيغة البنائية تظهر الجزيء كما لو كان مُسطحًا – إنما هو في الواقع جزيء مجسم تتجه ذراته في الأبعاد الفراغية الثلاثة، ولتوضيح شكل الجزيء الصحيح يجب استخدام النماذج الجزيئية وهي **أنواع عديدة، أحد هذه الأنواع يستخدم كرات من البلاستيك وتمثل فيه ذرات كل عنصر بلون معين وحجم معين.**





ارسم متشكلات للصيغة الجزيئية C_5H_{12}

الإجابة

<table>
<tr><th>③</th><th>②</th><th>①</th></tr>
<tr>
<td>H
H−C−H
H | H
H−C──C──C−H
H | H
H−C−H
H</td>
<td>H H H H
H−C−C−C−C−H
H H | H
H−C−H
H</td>
<td>H H H H H
H−C−C−C−C−C−H
H H H H H</td>
</tr>
</table>



تتفق الأيزومرات دائمًا في ....

Ⓐ الخواص الكيميائية.

Ⓑ التركيب البنائي للجزيء.

Ⓒ درجة الانصهار والغليان.

Ⓓ الكتلة المولية للمركب.



زوج المركبات الذي يعتبر من المتشابهات الجزيئية هو .... (الأزهر أول ١٩)

Ⓐ C_3H_8 / C_4H_{10}

Ⓑ C_2H_2 / C_2H_6

Ⓒ $HCOOCH_3$ / CH_3COOH

Ⓓ CH_3OH / C_2H_5OH



مركبان لهما الصيغة $C_nH_{3n}O$ والكتلة الجزيئية لهما 46 g/mol ،

ما الصيغة البنائية لأحد مشابهاته الجزيئية لا يستطيع التفاعل مع الصوديوم؟ .... [C = 12 , O = 16 , H = 1]

```
Ⓐ
  H H
H-C-C-OH
  H H

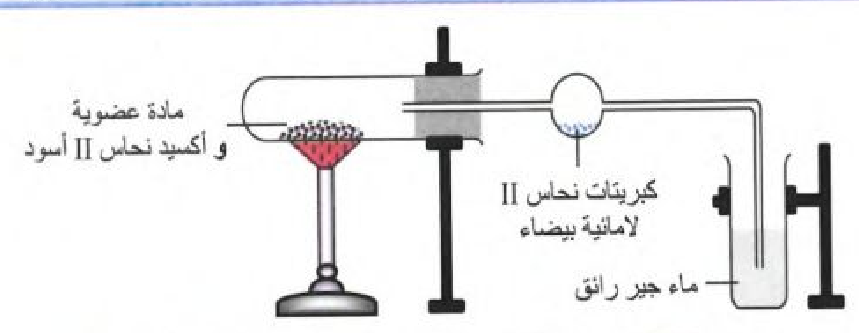
Ⓑ
  H   H
H-C-O-C-H
  H   H

Ⓒ
  H H H
H-C-C-C-OH
  H H H

Ⓓ
  H H   H
H-C-C-O-C-H
  H H   H
```



الكشف عن الكربون والهيدروچين في المركبات العضوية



▲ تجربة الكشف عن الكربون والهيدروچين في المركبات العضوية

الخطـوات :

- نسخن المادة العضوية (قماش – جلد – ورق – بلاستيك) مع أكسيد النحاس II الأسود CuO
- نمرر الأبخرة والغازات الناتجة على مسحوق كبريتات النحاس II اللامائية البيضاء، ثم على ماء الجير.

المشاهـدة :

- يتحول لون كبريتات النحاس II الأبيض إلى اللون الأزرق، مما يدل على امتصاصها لبخار الماء الذي تكون من :
أكسچين (أكسيد النحاس II) وهيدروچين (المادة العضوية).
- يتعكر ماء الجير مما يدل على خروج غاز ثاني أكسيد الكربون الذي تكون من :
أكسچين (أكسيد النحاس II) وكربون (المادة العضوية).

الاستنتـاج : المركب العضوي يحتوي على عنصري الكربون والهيدروچين.

المعادلات :

$$C + 2CuO_{(s)} \xrightarrow{\Delta} 2Cu_{(s)} + CO_{2(g)}$$

$$2H + CuO_{(s)} \xrightarrow{\Delta} Cu_{(s)} + H_2O_{(v)}$$

تصنيف المركبات العضوية

يتكون البناء الأساسي لأي مركب عضوي من عنصري الكربون والهيدروچين فيما يعرف بالهيدروكربونات وتعتبر كافة أنواع المركبات العضوية الباقية مشتقات للهيدروكربونات.

المركبات العضوية

الهيدروكربونات

مركبات تحتوي على عنصري الكربون والهيدروچين فقط.

مُشتقات الهيدروكربونات

مركبات تحتوي على عنصري الكربون والهيدروچين بالإضافة لعناصر أخرى مثل الأكسچين والنيتروچين ... إلخ

أولًا الهيدروكربونات

الهيدروكربونات

مركبات عضوية تحتوي على عنصري الكربون والهيدروچين فقط.

ويمكن تقسيم الهيدروكربونات إلى الأقسام المُبينة في الجدول التالي وسنتناول دراسة كل قسم منها بالتفصيل بعد ذلك.

الهيدروكربونات

أليفاتية

مفتوحة السلسلة (لا حلقية)

مشبعة

الألكانات (البارافينات)

ترتبط جميع ذرات السلسلة الكربونية بروابط أحادية

الصيغة العامة: C_nH_{2n+2}

أمثلة:

ميثان	CH_4
إيثان	C_2H_6
بروبان	C_3H_8
بيوتان	C_4H_{10}
بنتان	C_5H_{12}
هكسان	C_6H_{14}

غير مشبعة

الألكينات (الأوليفينات)

توجد بالسلسلة الكربونية روابط مزدوجة

الصيغة العامة: C_nH_{2n}

أمثلة:

إيثين	C_2H_4
بروبين	C_3H_6
بيوتين	C_4H_8
بنتين	C_5H_{10}
هكسين	C_6H_{12}

الألكاينات (الأسيتيلينات)

توجد بالسلسلة الكربونية روابط ثلاثية

الصيغة العامة: C_nH_{2n-2}

أمثلة:

إيثاين	C_2H_2
بروباين	C_3H_4
بيوتاين	C_4H_6
بنتاين	C_5H_8
هكساين	C_6H_{10}

حلقية مشبعة (ألكانات حلقية)

الصيغة العامة: C_nH_{2n}

أمثلة:

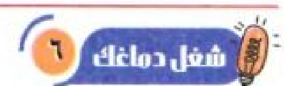
- البروبان الحلقي C_3H_6
- البيوتان الحلقي C_4H_8
- البنتان الحلقي C_5H_{10}
- الهكسان الحلقي C_6H_{12}

أروماتية

حلقية غير مشبعة

أمثلة:

- البنزين العطري C_6H_6
- النفثالين $C_{10}H_8$
- الأنثراسين $C_{14}H_{10}$



كل المركبات التالية من الهيدروكربونات **ماعدا** ....

Ⓐ C_4H_{10}　Ⓑ $CH_3 - CH_2 - CH_3$　Ⓒ $CH_3 - O - CH_3$　Ⓓ (هكسان حلقي)

أولاً الهيدروكربونات الأليفاتية مفتوحة السلسلة

1 الهيدروكربونات الأليفاتية المُشبعة مفتوحة السلسلة

الألكانات (البارافينات)

الألكانات

هيدروكربونات أليفاتية مفتوحة السلسلة الكربونية وترتبط ذرات الكربون في جزيئاتها بروابط أحادية قوية من نوع سيجما (σ) التي يصعب كسرها.

يبين الجدول التالي أسماء وصيغ العشرة مركبات الأولى في سلسلة الألكانات :

الاسم	الصيغة البنائية المكثفة	الصيغة الجزيئية
ميثـــان	CH_4	CH_4
إيثـــان	CH_3-CH_3	C_2H_6
بروبان	$CH_3-CH_2-CH_3$	C_3H_8
بيوتـان	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$	C_4H_{10}
بنتـــان	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$	C_5H_{12}
هكسان	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$	C_6H_{14}
هبتـان	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$	C_7H_{16}
أوكتان	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$	C_8H_{18}
نونـان	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$	C_9H_{20}
ديكـان	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$	$C_{10}H_{22}$



- جميع الألكانات لها الصيغة العامة C_nH_{2n+2} حيث أن (n) هي عدد ذرات الكربون.
- كل مركب يزيد عن الذي يسبقه بمجموعة ميثين أو ميثيلين (CH_2)
- المقطع الأول من الاسم يعبر عن عدد ذرات الكربون في المركب.
- تنتهي جميع أفرادها بالمقطع (آن) الذي يدل على انتمائها للألكانات.
- الألكانات خاملة كيميائياً لأن جميع روابطها من النوع سيجما القوية صعبة الكسر
- الألكانات تعتبر سلسلة متجانسة.

السلسلة المتجانسة

هي مجموعة من المركبات يجمعها قانون جزيئي عام وتشترك في خواصها الكيميائية وتتدرج في خواصها الفيزيائية مثل (درجة الغليان).

استخدامات الألكانات

① تستخدم كوقود.

② تستخدم كمواد أولية في تحضير العديد من المركبات العضوية.

الوجود

توجد بكميات كبيرة في النفط الخام، ويتم فصلها عن بعضها بواسطة التقطير التجزيئي.

أمثلة :

① الميثان يوجد بنسبة تتراوح بين 50% إلى أكثر من 90% في الغاز الطبيعي المستخدم كوقود حالياً في المنازل.

② يعبأ البروبان والبيوتان (البوتاجاز) في اسطوانات ويستخدم كوقود.

③ الألكانات الأطول في السلسلة الكربونية توجد في الكيروسين وزيت الديزل وزيوت التشحيم وشمع البرافين.

مجموعة أو شق الألكيل Alkyl Radical (R–)

مجموعة (شق الألكيل)

هي مجموعة ذرية لا توجد منفردة وتشتق من الألكان المقابل بعد نزع ذرة هيدروجين منه.

التسمية : تسمى باسم الألكان المشتقة منه باستبدال المقطع (آن) بالمقطع (يل) ويرمز لها بالرمز (R–)

الصيغة العامة : C_nH_{2n+1}

يبين الجدول التالي أمثلة على شق الألكيل

أمثلة		شق الألكيل C_nH_{2n+1} (R –)		الألكان C_nH_{2n+2} (R – H)	
فلوريد الميثيل	CH_3F	ميثيل	$-CH_3$	ميثان	CH_4
كلوريد الإيثيل	C_2H_5Cl	إيثيل	$-C_2H_5$ $(-CH_2-CH_3)$	إيثان	C_2H_6
بروميد البروبيل	C_3H_7Br	بروبيل	$-C_3H_7$ $(-CH_2-CH_2-CH_3)$	بروبان	C_3H_8
يوديد البيوتيل	C_4H_9I	بيوتيل	$-C_4H_9$ $(-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3)$	بيوتان	C_4H_{10}





تسمية الألكانات (البارافينات)

١ التسمية الشائعة

استخدم الكيميائيون القدماء أسماء للمركبات العضوية القليلة التي كانوا يعرفونها انذاك وكانت هذه الأسماء تشير غالباً إلى المصدر الذي استخلص منه هذا المركب.

٢ تسمية الإيوباك

مع التقدم المستمر وكثرة المركبات العضوية اتفق علماء الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية (International Union of Pure and Applied Chemistry) [IUPAC] على اتباع نظام معين في تسمية أي مركب عضوي تمكن كل من يقرأه أو يكتبه من التعرف الدقيق على بناء هذا المركب

خطوات تسمية الألكانات (البارافينات)

١ نحدد أطول سلسلة كربونية سواء كانت مستقيمة أو متفرعة، ومنها يشتق اسم الألكان.

$$CH_3-CH_2-CH_2-\underset{\underset{CH_3}{|}}{\underset{CH_2}{|}}{CH}-CH_3$$

4 ذرات كربون ×

$$CH_3-CH_2-CH_2-\underset{\underset{CH_3}{|}}{\underset{CH_2}{|}}{CH}-CH_3$$

5 ذرات كربون ×

$$CH_3-CH_2-CH_2-\underset{\underset{CH_3}{|}}{\underset{CH_2}{|}}{CH}-CH_3$$

6 ذرات كربون ✓

٢ – ترقم السلسلة الكربونية بدءاً من الطرف الأقرب للتفرع والذي يمكن الاستدلال عليه بأقل مجموع أرقام تفرع.

– تكتب التسمية كالتالي: (رقم الفرع ثم اسم الفرع ثم اسم الألكان).

$$\overset{1}{C}H_3-\overset{2}{C}H_2-\overset{3}{C}H_2-\underset{\underset{CH_3}{|}}{\underset{CH_2}{|}}{\overset{4}{C}H}-CH_3$$

4– ميثيل هكسان ×

$$\overset{6}{C}H_3-\overset{5}{C}H_2-\overset{4}{C}H_2-\underset{\underset{CH_3}{|}}{\underset{CH_2}{|}}{\overset{3}{C}H}-CH_3$$

3– ميثيل هكسان ✓

$$\overset{1}{C}H_3-\overset{2}{C}H_2-\underset{CH_3}{\underset{|}{\overset{3}{C}H}}-\overset{4}{C}H_3$$

3– ميثيل بيوتان ×

$$\overset{4}{C}H_3-\overset{3}{C}H_2-\underset{CH_3}{\underset{|}{\overset{2}{C}H}}-\overset{1}{C}H_3$$

2– ميثيل بيوتان ✓

$$\overset{1}{C}H_3-\overset{2}{C}H_2-\underset{CH_3}{\underset{|}{\overset{3}{C}H}}-\overset{4}{C}H_2-\overset{5}{C}H_3$$

3– ميثيل بنتان ✓

$$\overset{5}{C}H_3-\overset{4}{C}H_2-\underset{CH_3}{\underset{|}{\overset{3}{C}H}}-\overset{2}{C}H_2-\overset{1}{C}H_3$$

3– ميثيل بنتان ✓

③ عند تكرار الفروع نكتب المقدمات (ثنائي أو ثلاثي أو رباعي ... إلخ) لتدل على عدد مرات التكرار وذلك بعد كتابة الأرقام الدالة على الفروع.

– يفصل بين الرقم والرقم بفاصلة (،) وبين الرقم والكلمة بشرطة (–)

$\overset{1}{CH_3}-\overset{2}{CH_2}-\overset{3}{CH}(CH_3)-\overset{4}{CH}(CH_3)-\overset{5}{CH_3}$

مجموع أرقام التفرعات = 3 + 4 = 7 ×

4،3 – ثنائي ميثيل بنتان ×

$\overset{5}{CH_3}-\overset{4}{CH_2}-\overset{3}{CH}(CH_3)-\overset{2}{CH}(CH_3)-\overset{1}{CH_3}$

مجموع أرقام التفرعات = 2 + 3 = 5 ✓

3،2– ثنائي ميثيل بنتان ✓

$\overset{1}{CH_3}-\overset{2}{CH_2}-\overset{3}{CH_2}-\overset{4}{C}(CH_3)_2-\overset{5}{CH_3}$

مجموع أرقام التفرعات = 4 + 4 = 8 ×

4،4 – ثنائي ميثيل بنتان ×

$\overset{5}{CH_3}-\overset{4}{CH_2}-\overset{3}{CH_2}-\overset{2}{C}(CH_3)_2-\overset{1}{CH_3}$

مجموع أرقام التفرعات = 2 + 2 = 4 ✓

2،2– ثنائي ميثيل بنتان ✓

$\overset{1}{CH_3}-\overset{2}{CH_2}-\overset{3}{CH}(CH_3)-\overset{4}{C}(CH_3)_2-\overset{5}{CH_2}-\overset{6}{CH_3}$

مجموع أرقام التفرعات = 3 + 4 + 4 = 11 ×

4،4،3 – ثلاثي ميثيل هكسان ×

$\overset{6}{CH_3}-\overset{5}{CH_2}-\overset{4}{CH}(CH_3)-\overset{3}{C}(CH_3)_2-\overset{2}{CH_2}-\overset{1}{CH_3}$

مجموع أرقام التفرعات = 3+ 3 + 4 = 10 ✓

4،3،3 – ثلاثي ميثيل هكسان ✓

④ الهالوجينات (X : F , Cl , Br , I) ومجموعة ($-NO_2$) ومجموعة ($-NH_2$) تنتهي أسماؤها بحرف الواو لتصبح (أيودو – برومو – كلورو – فلورو – نيترو – أمينو)

$Cl-\overset{4}{CH}(Cl)-\overset{3}{CH}(Cl)-\overset{2}{CH_2}-\overset{1}{CH_3}$

مجموع أرقام التفرعات = 3 + 4 + 4 = 11 ×

4،4،3 – ثلاثي كلورو بيوتان ×

$Cl-\overset{1}{CH}(Cl)-\overset{2}{CH}(Cl)-\overset{3}{CH_2}-\overset{4}{CH_3}$

مجموع أرقام التفرعات = 1+ 1 + 2 = 4 ✓

2،1،1 – ثلاثي كلورو بيوتان ✓

⑤ لا يعتبر الهيدروجين فرع ويحسب من ضمن السلسلة الكربونية

$\overset{1}{CH_3}-\overset{2}{C}(F)_2-\overset{3}{CH_2}-\overset{4}{C}(H)_2-\overset{5}{CH_3}$

2،2– ثنائي فلورو – 4،4 – ثنائي هيدرو بنتان ×

$\overset{1}{CH_3}-\overset{2}{C}(F)_2-\overset{3}{CH_2}-\overset{4}{CH_2}-\overset{5}{CH_3}$

2،2– ثنائي فلورو بنتان ✓

٦ في حال وجود مجموعة الألكيل بصيغتها الجزيئية مثل (الإيثيل C_2H_5 –) يتم إعادة كتابتها بصيغتها البنائية كالتالي $(-CH_2-CH_3)$ لتحديد أطول سلسلة كربونية صحيحة.

$$\overset{1}{C}H_3-\overset{2}{C}(H)(C_2H_5)-\overset{3}{C}H_2-\overset{4}{C}(H)(C_2H_5)-\overset{5}{C}H_3$$

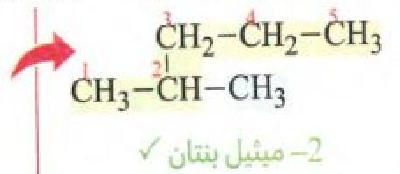
4،2 – ثنائي إيثيل بنتان ×

$$\overset{1}{C}H_3-\overset{2}{C}H_2-\overset{3}{C}H(CH_3)-\overset{4}{C}H_2-\overset{5}{C}H(CH_3)-\overset{6}{C}H_2-\overset{7}{C}H_3$$

5،3 – ثنائي ميثيل هبتان ✓

٧ مجموعات الألكيل الأعلى من الإيثيل لها عدة متشابهات جزيئية يجب مراعاتها،

مثل مجموعة $[-C_3H_7]$ قد تكون بروبيل $[-CH_2-CH_2-CH_3]$ أو أيزو بروبيل $[-CH(CH_3)_2]$



$$\overset{1}{C}H_3-\overset{2}{C}H(\overset{3}{C}H_2-\overset{4}{C}H_2-\overset{5}{C}H_3)-CH_3$$

2– ميثيل بنتان ✓

$$\overset{1}{C}H_3-\overset{2}{C}H(C_3H_7)-\overset{3}{C}H_3$$

3– بروبيل بروبان ×

$$\overset{1}{C}H_3-\overset{2}{C}H(CH_3)-\overset{3}{C}H(CH_3)-CH_3$$

3،2 – ثنائي ميثيل بيوتان ✓

٨ في حالة وجود عدة فروع مختلفة نكتب الفروع حسب الترتيب الأبجدي لأسمائها اللاتينية

No	الرمز	الاسم اللاتيني	الاسم العربي
1	$-NH_2$	amino	أمينو
2	$-Br$	bromo	برومو
3	$-Cl$	chloro	كلورو
4	$-C_2H_5$	ethyl	إيثيل
5	$-F$	flouro	فلورو
6	$-I$	iodo	أيودو
7	$-CH_3$	methyl	ميثيل
8	$-NO_2$	nitro	نيترو
9	$-C_6H_5 =$ ⌬	phenyl	فينيل
10	$-CH_2-CH_2-CH_3$	propyl	بروبيل

$$\overset{6}{C}H_3-\overset{5}{C}H(CH_3)-\overset{4}{C}H(Cl)-\overset{3}{C}H_2-\overset{2}{C}H(Br)-\overset{1}{C}H_3$$

مجموع أرقام التفرعات = 2 + 4 + 5 = 11 ×

2– برومو – 4 – كلورو –5– ميثيل هكسان ×

$$\overset{1}{C}H_3-\overset{2}{C}H(CH_3)-\overset{3}{C}H(Cl)-\overset{4}{C}H_2-\overset{5}{C}H(Br)-\overset{6}{C}H_3$$

مجموع أرقام التفرعات = 2 + 3 + 5 = 10 ✓

5– برومو –3– كلورو –2– ميثيل هكسان ✓

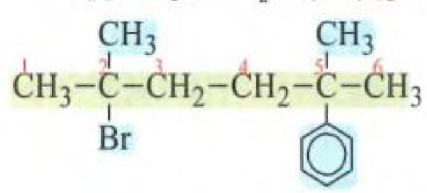
٩ (أ) إذا تساوى مجموع الفروع من الطرفين فإننا نلجأ للترقيم حسب الترتيب الأبجدي لأسمائها اللاتينية.

$$CH_3-\overset{CH_3}{\underset{Br}{C}}-CH_2-CH_2-\overset{CH_3}{\underset{C_6H_5}{C}}-CH_3$$

مجموع أرقام التفرعات = 2 + 2 + 5 + 5 = 14 ×

خاطئة بسبب عدم بدء الترقيم حسب الترتيب الأبجدي لأسمائها اللاتينية

5– برومو –5،2– ثنائي ميثيل –2– فينيل هكسان ×



مجموع أرقام التفرعات = 2 + 2 + 5 + 5 = 14 ✓

صحيحة بسبب بدء الترقيم حسب الترتيب الأبجدي لأسمائها اللاتينية

2– برومو –5،2– ثنائي ميثيل –5– فينيل هكسان ✓

(ب) ليس بالضرورة البدء بترقيم السلسلة الكربونية حسب الترتيب الهجائي في كل مرة

ولابد من تذكر أن أساس ترقيم السلسلة الكربونية البدء من الطرف الأقرب للتفرع لتحقق أقل أرقام ممكنة.

$$CH_3-\overset{CH_3}{\underset{Cl}{C}}-CH_2-\overset{Br}{CH}-CH_3$$

مجموع أرقام التفرعات = 2 + 4 + 4 = 10 ×

2– برومو – 4 – كلورو – 4 – ميثيل بنتان ×

$$CH_3-\overset{CH_3}{\underset{Cl}{C}}-CH_2-\overset{Br}{CH}-CH_3$$

مجموع أرقام التفرعات = 2 + 2 + 4 = 8 ✓

4 – برومو –2– كلورو –2– ميثيل بنتان ✓

$$F-\overset{F}{\underset{F}{C}}-\overset{H}{\underset{Cl}{C}}-Br$$

مجموع أرقام التفرعات = 1 + 1 + 2 + 2 + 2 = 8 ×

1– برومو –1– كلورو–2،2،2– ثلاثي فلورو إيثان ×

$$F-\overset{F}{\underset{F}{C}}-\overset{H}{\underset{Cl}{C}}-Br$$

مجموع أرقام التفرعات = 1 + 1 + 1 + 2 + 2 = 7 ✓

2– برومو –2– كلورو–1،1،1– ثلاثي فلورو إيثان ✓

١٠ إذا تصادف وجود سلسلتان متساويتان في الطول في نفس الجزيء نختار أكثرهما تفرع كأساس للتسمية.

$$CH_3-CH_2-\underset{CH_3-CH-CH_3}{CH}-CH_2-CH_3$$

خاطئة × لوجود فرع واحد يخرج من سلسلة بها 5 ذرات كربون.

3– أيزوبروبيل بنتان ×

$$CH_3-CH_2-\underset{CH_3-CH-CH_3}{CH}-CH_2-CH_3$$

صحيحة ✓ لوجود فرعين يخرج كل منهما من سلسلة بها 5 ذرات كربون.

3– إيثيل –2– ميثيل بنتان ✓

$$CH_3-\underset{CH_3}{CH}-\underset{CH_2-CH_3}{CH}-\underset{CH_3}{CH}-CH_3$$

خاطئة × لوجود فرعين يخرج كل منهما من سلسلة بها 5 ذرات كربون.

3– أيزوبروبيل –2– ميثيل بنتان ×

$$CH_3-\underset{CH_3}{CH}-\underset{CH_2-CH_3}{CH}-\underset{CH_3}{CH}-CH_3$$

صحيحة ✓ لوجود ثلاثة فروع تخرج من سلسلة بها 5 ذرات كربون.

3– إيثيل –4،2– ثنائي ميثيل بنتان ✓

١١ في حالة وجود بعض المجموعات العضوية بشكل مختصر داخل المركب لابد من التعرف على تكافؤها لمعرفة عدد الروابط المحيطة بها ثم يعاد كتابة المـركب مرة أخرى للتعرف على اسمه الصحيح.

- مجموعات الألكيل كلها أحادية التكافؤ وتوضع طرفيه من جانب واحد.
  مثل: الميثيل CH_3- ، والإيثيل CH_2CH_3- ... إلخ
- مجموعة $-CH_2-$ ثنائية التكافؤ وتأتي بين مجموعتين.
- مجموعة $-\overset{|}{C}H-$ ثلاثية التكافؤ وتأتي بين ثلاث مجموعات.
- مجموعة $-\overset{|}{\underset{|}{C}}-$ رباعية التكافؤ وتأتي بين أربع مجموعات.

$(CH_3)_2CH(CH_2)_2CH_3$ ← $CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH_2-CH_3$

2– ميثيل بنتان

$(CH_3)_3C(CH_2)_2C(CH_3)_3$ ← $CH_3-C(CH_3)_2-CH_2-CH_2-C(CH_3)_2-CH_3$

2،2،5،5– رباعي ميثيل هكسان

$(CH_3)_2C(CH_3)_2$ ← $CH_3-C(CH_3)_2-CH_3$

2،2– ثنائي ميثيل بروبان

$CH_3C(CH_3)_2CH(CH_2CH_3)CH_3$ ← $CH_3-C(CH_3)_2-CH(CH_2CH_3)-CH_3$

2،2،3– ثلاثي ميثيل بنتان



تدريب ٤

اكتب أسماء المركبات الآتية حسب نظام الإيوباك:

①	②
$CH_3-CH(CH_2CH_3)-CH(CH_3)-CH_3$	$CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH_2-CH(CH_2CH_3)-CH_2-CH(CH_3)-CH_3$
③	④
$CH_3-CH(CH_3)-CH(Cl)-CH_2-CH(Br)-CH_3$	$CH_3-CH_2-CH(CH_3)-C(CH_3)(CH_3)-CH(CH_3)-CH_2-CH_2-CH_3$
⑤	⑥
$CH_3-C(C_2H_5)(CH_3)-CH_3$	$CH_3-CH(CH_3)-CH(CH(CH_3)-CH_3)-CH_2-CH_3$

الإجابة

① 3،2 – ثنائي ميثيل بنتان.

② 4 – إيثيل –7،2– ثنائي ميثيل أوكتان.

③ 5– برومو –3– كلورو –2– ميثيل هكسان.

④ 5،4،4،3– رباعي ميثيل أوكتان.

⑤ 2،2– ثنائي ميثيل بيوتان.

⑥ 3– إيثيل –2– 4،2 – ثنائي ميثيل بنتان.

تدريب ٥

اكتب الصيغة البنائية للمركبات التالية:

① 1 – كلورو –2– فينيل إيثان.

② 3 – برومو – 2،2 – ثنائي كلوروبيوتان.

③ ألكان يحتوي على 6 ذرات كربون ولا يحتوي على مجموعة ميثيلين.

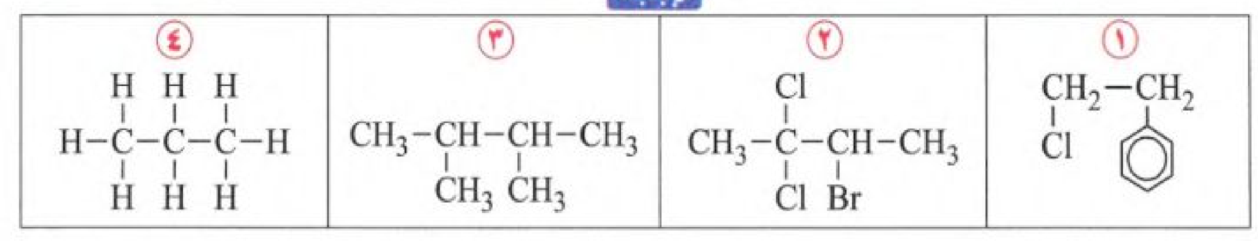
④ • ألكان يحتوي على 11 ذرة.

• ألكان يحتوي على 8 ذرات هيدروچين.

• ألكان كتلته المولية 44 g/mol

[C = 12 , H = 1]

الإجابة



①	②	③	④
$CH_2(Cl)-CH_2-C_6H_5$	$CH_3-C(Cl)(Cl)-CH(Br)-CH_3$	$CH_3-CH(CH_3)-CH(CH_3)-CH_3$	$H-C(H)(H)-C(H)(H)-C(H)(H)-H$





اكتب الصيغ البنائية لكل مركب من المركبات التالية، **موضحاً وجه الاعتراض** على هذه التسمية، ثم **اكتب الاسم الصحيح** لكل منها تبعاً لنظام الإيوباك:

① 2 – إيثيل بيوتان.
② 3 – برومو بروبان.
③ 4،4،3 – ثلاثي ميثيل بنتان.
④ 2– ميثيل –3– فلورو بيوتان.
⑤ 2– برومو –3– برومو بنتان.

الإجابة

	الصيغة البنائية للمركب	وجه الاعتراض على التسمية	التسمية الصحيحة
①	$CH_3-CH_2-CH(C_2H_5)-CH_3$ (ترقيم السلسلة: 4، 3، 2، 1) 2 – إيثيل بيوتان ✗	لم ينسب اسم المركب لأطول سلسلة كربونية	$CH_3-CH_2-CH(CH_2-CH_3)-CH_3$ (ترقيم السلسلة: 5، 4، 3، 2، 1) 3 – ميثيل بنتان ✓
②	$CH_3-CH_2-CH_2Br$ (ترقيم: 1، 2، 3) 3 – بروموبروبان ✗	الترقيم لم يبدأ من الطرف الأقرب للتفرع	$CH_3-CH_2-CH_2Br$ (ترقيم: 3، 2، 1) 1 – بروموبروبان ✓
③	$CH_3-C(CH_3)_2-CH(CH_3)-CH_2-CH_3$ (ترقيم: 5، 4، 3، 2، 1) $3+4+4=11$ ✗ 4،4،3 – ثلاثي ميثيل بنتان ✗	الترقيم لم يبدأ من الطرف الصحيح الذي يعطي أقل مجموع لأرقام التفرعات	$CH_3-C(CH_3)_2-CH(CH_3)-CH_2-CH_3$ (ترقيم: 1، 2، 3، 4، 5) $2+2+3=7$ ✓ 3،2،2 – ثلاثي ميثيل بنتان ✓
④	$CH_3-CH(F)-CH(CH_3)-CH_3$ (ترقيم: 4، 3، 2، 1) 2– ميثيل –3– فلورو بيوتان ✗	لم تكتب الفروع حسب الترتيب الأبجدي لأسمائها اللاتينية	$CH_3-CH(F)-CH(CH_3)-CH_3$ (ترقيم: 1، 2، 3، 4) 2– فلورو –3– ميثيل بيوتان ✓
⑤	$CH_3-CH_2-CH(Br)-CH(Br)-CH_3$ (ترقيم: 5، 4، 3، 2، 1) 2– برومو –3– برومو بنتان ✗	لم يستخدم المقطع ثنائي للدلالة على عدد مرات تكرار التفرعات	$CH_3-CH_2-CH(Br)-CH(Br)-CH_3$ (ترقيم: 5، 4، 3، 2، 1) 3،2– ثنائي برومو بنتان ✓

الميثان Methane (CH_4)

هو أول سلسلة الألكانات وأبسط المركبات العضوية على الإطلاق.

الوجود

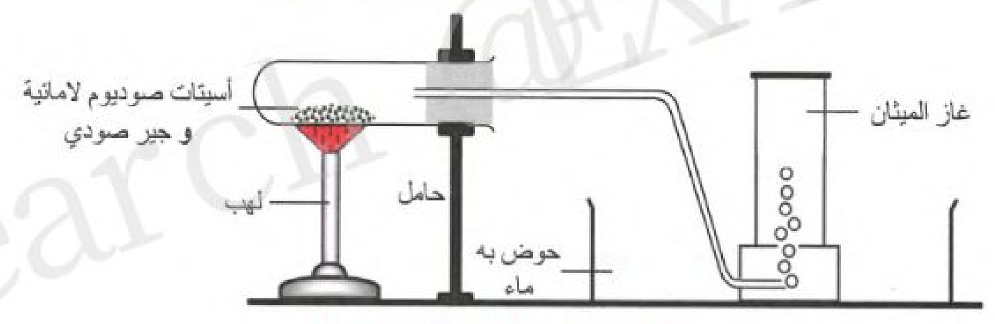
- يوجد بنسبة قد تصل إلى أكثر من **90%** في الغاز الطبيعي الموجود في باطن الأرض أو مصاحبًا للبترول.
- قد تتعرض مناجم الفحم للانفجار ... علل؟

لاشتعال غاز الميثان الموجود في مناجم الفحم.

- يسمى غاز الميثان غاز المستنقعات ... علل؟

لأنه يخرج على هيئة فقاقيع من قاع المستنقعات نتيجة لتحلل المواد العضوية.

تحضير الميثان في المختبر



▲ تجربة تحضير غاز الميثان في المختبر

يحضر الميثان في المختبر بواسطة **التقطير الجاف** لملح أسيتات الصوديوم اللامائية مع الجير الصودي باستخدام جهاز كالمبين بالشكل، حيث يجمع غاز الميثان بإزاحة الماء لأسفل لأنه لا يذوب في الماء

$$CH_3COONa_{(s)} + NaOH_{(s)} \xrightarrow[\Delta]{CaO} CH_{4(g)} + Na_2CO_{3(s)}$$

أسيتات الصوديوم   هيدروكسيد الصوديوم   الميثان   كربونات الصوديوم

استخدام الجير الصودي بدلًا من الصودا الكاوية في تحضير الميثان في المختبر ... علل؟

لأن الجير الصودي هو خليط من الصودا الكاوية (NaOH) والجير الحي [أكسيد الكالسيوم] (CaO) ولا يدخل الأخير في التفاعل إنما يساعد على خفض درجة انصهار المخلوط.





اكتب معادلة التقطير الجاف لملح بروبانوات الصوديوم CH_3CH_2COONa مع الجير الصودي.

الإجابة

$$CH_3CH_2\boxed{COONa_{(s)} + NaO}H_{(s)} \xrightarrow[\Delta]{CaO} C_2H_{6\,(g)} + Na_2CO_{3(s)}$$



عند التقطير الجاف لملح بنتانوات الصوديوم C_4H_9COONa في وجود الجير الصودي ينتج .... (تجريبي ٢١)

ⓐ بيوتين. ⓑ بنتان. ⓒ بيوتان. ⓓ بنتين.

الخواص العامة للألكانات

الخواص الفيزيائية

(١) الألكانات التي تحتوي من **(4:1)** ذرات كربون، عبارة عن غازات في درجة الحرارة العادية.

أمثلة :

- **الميثان** يستخدم كوقود في المنازل.
- خليط **البروبان والبيوتان (البوتاجاز)** تسال وتعبأ في اسطوانات وتستخدم كوقود.
- نسبة البروبان في مخلوط البوتاجاز تكون أكثر في المناطق الباردة، بينما في المناطق الدافئة يحتوي المخلوط على نسبة أعلى من البيوتان ... علل؟

  لأن البروبان أكثر تطايرًا (أقل في درجة الغليان) من البيوتان.

(٢) الألكانات التي تحتوي من **(17:5)** ذرة كربون سوائل، مثل الجازولين والكيروسين ويستخدما كوقود أيضًا.

(٣) الألكانات التي تحتوي على أكثر من **17** ذرة كربون مواد صلبة مثل شمع البرافين.



كلما زاد عدد ذرات الكربون (الكتلة الجزيئية) للألكان زادت درجة الغليان.

(٤) تغطى الفلزات بالألكانات الثقيلة مثل الشحم ... علل؟

لتحميها من التآكل حيث أن الألكانات مواد غير قطبية لا تذوب في الماء.

تدريب ٨

رتب المركبات التالية **تصاعديًا** حسب **درجة الغليان، مع التفسير** (البنتان – الهبتان – الإيثان – البيوتان).

الإجابة

الإيثان (C_2H_6) < البيوتان (C_4H_{10}) < البنتان (C_5H_{12}) < الهبتان (C_7H_{16})

لأنه بزيادة عدد ذرات الكربون في الألكانات تزداد الكتلة الجزيئية فتزداد درجة الغليان.

الخواص الكيميائية

الألكانات خاملة نسبيًا في تفاعلاتها الكيميائية ... علل؟

لأن جميع روابطها من نوع سيجما (σ) القوية التي يصعب كسرها إلا تحت ظروف خاصة.

معلومة إضافية

يمكن حساب عدد الروابط سيجما في أي هيدروكربون مفتوح السلسلة من العلاقات التالية :

① عدد الروابط سيجما بين ذرات الكربون فقط = عدد ذرات الكربون – 1

② عدد الروابط سيجما بين ذرات الكربون والهيدروجين = عدد ذرات الهيدروجين

③ عدد الروابط سيجما في الهيدروكربون = عدد الذرات كلها – 1



احسب عدد الروابط سيجما بين ذرات الكربون، وبين ذرات الكربون والهيدروجين، وفي المركب كله **لكل من :**

① البنتان. ② الديكان. ③ الهكساديكان.

الإجابة

عدد الروابط سيجما	① البنتان (C_5H_{12})	② الديكان ($C_{10}H_{22}$)	③ الهكساديكان ($C_{16}H_{34}$)
بين ذرات الكربون وبعضها	4	9	15
بين ذرات الكربون والهيدروجين	12	22	34
في الألكان كله	16	31	49

① الاحتراق

تستخدم الألكانات كوقود ... علل؟

لأنها تحترق ويتكون ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء من خلال تفاعلات طاردة للحرارة.

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} CO_{2(g)} + 2H_2O_{(v)} + Energy$$

القانون العام لاحتراق الألكانات

$$C_nH_{2n+2} + \frac{3n+1}{2} O_2 \xrightarrow{\Delta} n\,CO_2 + (n+1)\,H_2O$$



اكتب معادلة احتراق كل من (البروبان – الهبتان) في وفرة من أكسچين الهواء الجوي.

الإجابة

$$C_3H_{8(g)} + 5O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(v)} + Energy$$

$$C_7H_{16(\ell)} + 11O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 7CO_{2(g)} + 8H_2O_{(v)} + Energy$$



٢ التفاعل مع الهالوجينات (الهلجنة)

تتفاعل الألكانات مع الهالوجينات بالتسـخين إلى 400°C أو في وجود الأشـعة فوق البنفسـجية (UV) في سـلسـلة من تفاعلات الاستبدال (Substituation reaction) ويتوقف الناتج على نسبة كل من الميثان والهالوجين في خليط التفاعل.

(1) $CH_{4(g)} + Cl_{2(g)} \xrightarrow{UV} CH_3Cl_{(g)} + HCl_{(g)}$

كلوريد الميثيل (كلورو ميثان)

(2) $CH_3Cl_{(g)} + Cl_{2(g)} \xrightarrow{UV} CH_2Cl_{2(g)} + HCl_{(g)}$

كلوريد الميثيلين (ثنائي كلورو ميثان)

(3) $CH_2Cl_{2(g)} + Cl_{2(g)} \xrightarrow{UV} CHCl_{3(g)} + HCl_{(g)}$

كلوروفورم (ثلاثي كلوروميثان)

(3) $CHCl_{3(g)} + Cl_{2(g)} \xrightarrow{UV} CCl_{4(g)} + HCl_{(g)}$

رابع كلوريد الكربون (رباعي كلورو ميثان)



اكتب الصيغ البنائية لنواتج تفاعل **الإيثان** مع **الكلور** وسمها بنظام **الأيوباك**.

الإجابة

H H H−C−C−Cl H H 1− كلوروإيثان	H Cl H−C−C−H H Cl 1،1− ثنائي كلوروإيثان	Cl Cl H−C−C−H H H 2،1− ثنائي كلوروإيثان
H Cl H−C−C−Cl H Cl 1،1،1− ثلاثي كلوروإيثان	Cl Cl H−C−C−Cl H H 2،1،1− ثلاثي كلوروإيثان	Cl Cl Cl−C−C−Cl H H 2،2،1،1− رباعي كلوروإيثان
Cl Cl H−C−C−Cl H Cl 2،1،1،1− رباعي كلوروإيثان	Cl Cl H−C−C−Cl Cl Cl 2،2،1،1،1− خماسي كلوروإيثان	Cl Cl Cl−C−C−Cl Cl Cl 2،2،2،1،1،1− سداسي كلوروإيثان



عدد خطوات التفاعل السابق **(ست خطوات)** ولكن عدد النواتج المحتملة **(تسع نواتج)**.

استخدامات مشتقات الألكانات الهالوجينية

اسم المادة	الصيغة الجزيئية	الصيغة البنائية	الاستخدام
الكلوروفورم (ثلاثي كلورو ميثان)	$CHCl_3$	Cl | H−C−Cl | Cl	أُستخدم لمدة طويلة كمخدر توقف استخدام الكلوروفورم كمخدر ... علل؟ لأن عدم التقدير الدقيق للجرعة اللازمة لكل مريض تسبب وفيات كثيرة.
الهالوثان (2– برومو–2– كلورو–1،1،1 – ثلاثي فلورو إيثان)	$C_2HBrClF_3$	Cl F | | H−C−C−F | | Br F	يستخدم كمخدر أكثر أمانًا من الكلوروفورم.
1،1،1 – ثلاثي كلورو إيثان.	$C_2H_3Cl_3$	H Cl | | H−C−C−Cl | | H Cl	يستخدم في عمليات التنظيف الجاف
الفريونات • رابع فلوريد الكربون (رباعي فلورو ميثان)	CF_4	F | F−C−F | F	تستخدم بكميات كبيرة : ① في أجهزة التكييف والثلاجات. ② كمواد دافعة للسوائل والروائح. ③ كمنظفات للأجهزة الإلكترونية.
• ثنائي كلوروثنائي فلوروميثان.	CF_2Cl_2	F | F−C−Cl | Cl	

مميزات الفريونات

① رخيصة الثمن.

② سهلة الإسالة.

③ غير سامة.

④ لا تسبب تآكل المعادن.

استخدام الفريونات كثيرًا في حياتنا اليومية ...علل؟

لأنها تتميز بأنها رخيصة الثمن وسهلة الإسالة وغير سامة ولا تسبب تآكل للمعادن، ولذا تستخدم كثيرًا في أجهزة التبريد والتكييف، وتستخدم كمواد دافعة للسوائل والروائح، وتستخدم كمنظفات للأجهزة الإلكترونية.

أضرار الفريونات

تسبب تآكل طبقة الأوزون التي تقي الأرض من أخطار الأشعة فوق البنفسجية.

تم الاتفاق دوليًا على تحريم استخدام الفريونات بداية من عام 2020 ...علل؟

لأنها تسبب تآكل طبقة الأوزون التي تقي الأرض من أخطار الأشعة فوق البنفسجية.



٣ التكسير الحراري الحفزي

التكسير الحراري الحفزي

تحويل النواتج البترولية الطويلة السلسلة والثقيلة (الأقل استخدامًا) إلى جزيئات أصغر وأخف (الأكثر استخدامًا).

تجرى عملية التكسير الحراري الحفزي أثناء تكرير البترول ...علل؟

لتحويل النواتج البترولية الطويلة السلسلة والثقيلة (الأقل استخدامًا) إلى جزيئات أصغر وأخف (الأكثر استخدامًا).

وتتم عملية تسخين منتجات البترول الثقيلة تحت ضغط مرتفع في وجود عوامل حفازة لينتج نوعين من المنتجات (ألكانات وألكينات).

نواتج التكسير الحراري الحفزي للألكانات

(١) ألكانات ذات سلسلة قصيرة وتستخدم كوقود للسيارات مثل الجازولين الذي يحتاجه العالم باضطراد مستمر.

(٢) ألكينات ذات سلسلة قصيرة مثل الإيثين والبروبين التي تقوم عليها صناعات كيميائية كثيرة أهمها صناعة البوليمرات.

$$C_8H_{18(\ell)} \xrightarrow[\text{Catalyst}]{\text{Heat - Pressure}} C_4H_{8(g)} + C_4H_{10(g)}$$

بيوتين   بيوتان



التكسير الحراري للألكان طويل السلسلة ينتج عنه ألكان واحد قصير السلسلة بالإضافة إلى ألكين أو أكثر قصير السلسلة.



عند التكسير الحراري الحفزي لمركب النونان قد يتكون؟ ....

(أ) إيثان وبروبان وبيوتين.

(ب) ميثان وبروبان وبنتين.

(ج) بروبين وبيوتين وإيثان.

(د) بنتان وإيثان وإيثين.

الأهمية الاقتصادية الألكانات (للميثان)

١ الحصول على الكربون المجزأ (أسود الكربون)

يمكن الحصول الكربون المجزأ (أسود الكربون) بتسخين الميثان (بمعزل عن الهواء) لدرجة **1000°C**

$$CH_{4(g)} \xrightarrow[\text{No air}]{1000^\circ C} C_{(s)} + 2H_{2(g)}$$

ميثان   أسود الكربون   هيدروجين

يدخل الكربون المجزأ بكميات كبيرة :

(١) في صناعة إطارات السيارات.

(٢) **كصبغة في :** (الحبر الأسود – البويات – ورنيش الأحذية).



وضح **بالمعادلات فقط** أثر الحرارة على الميثان: (في وجود الهواء – بمعزل عن الهواء).

الإجابة

① في وجود الهواء $CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} CO_{2(g)} + 2H_2O_{(v)} + energy$

② بمعزل عن الهواء $CH_{4(g)} \xrightarrow[\text{no air}]{1000^\circ C} C_{(s)} + 2H_{2(g)}$

② الحصول على الغاز المائي

التركيب

الغاز المائي: هو خليط من غازي الهيدروچين وأول أكسيد الكربون.

التحضير

$$CH_{4(g)} + H_2O_{(v)} \xrightarrow[\text{Catalyst}]{725^\circ C} CO_{(g)} + 3H_{2(g)}$$

الاستخدام

① مادة مختزلة. ② وقود قابل للاشتعال.





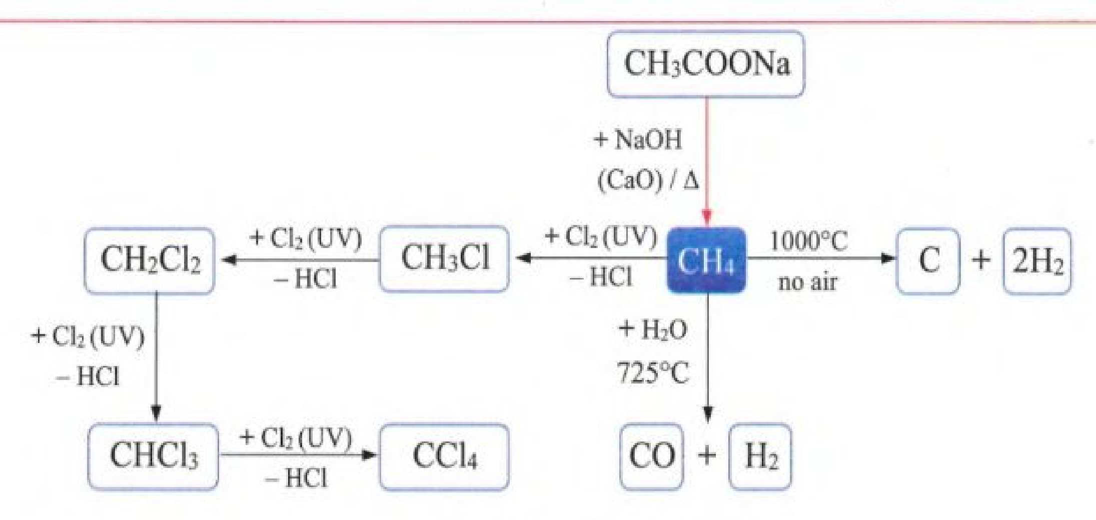
مبتدئًا **بأسيتات الصوديوم** كيف تحصل على (أسود الكربون – الغاز المائي) ؟

الإجابة

• $CH_3COONa_{(s)} + NaOH_{(s)} \xrightarrow[\Delta]{CaO} CH_{4(g)} + Na_2CO_{3(s)}$

(1) $CH_{4(g)} \xrightarrow[\text{no air}]{1000^\circ C} C_{(s)} + 2H_{2(g)}$

(2) $CH_{4(g)} + H_2O_{(v)} \xrightarrow[\text{Catalyst}]{725^\circ C} CO_{(g)} + 3H_{2(g)}$



▲ مخطط تفاعلات وتحضير الميثان

ب الهيدروكربونات الأليفاتية غير المُشبعة مفتوحة السلسلة

١ الألكينات (الأوليفينات)

- مجموعة مركبات غير مشبعة تتميز بوجود رابطة مزدوجة في السلسلة الكربونية.
  - 1 سيجما (σ) قوية صعبة الكسر.
  - 1 باي (π) الضعيفة سهلة الكسر.
- القانون العام لها: C_nH_{2n}

مثال: الإيثين (الإيثيلين) C_2H_4

٢ الألكاينات (الأسيتيلينات)

- مجموعة مركبات غير مشبعة تتميز بوجود رابطة ثلاثية في السلسلة الكربونية.
  - 1 سيجما (σ) قوية صعبة الكسر.
  - 2 باي (π) الضعيفة سهلة الكسر.
- القانون العام لها: C_nH_{2n-2}

مثال: الإيثاين (الأسيتلين) C_2H_2

١ الألكينات (الأوليفينات)

الألكينات (الأوليفينات)

هيدروكربونات توجد بين ذرات الكربون في جزيئاتها رابطة مزدوجة أو أكثر.

القانون العام: C_nH_{2n} (لاحظ أن هذا القانون يخص الألكينات التي تحتوي على رابطة مزدوجة واحدة فقط).

- تعتبر الألكينات سلسلة متجانسة.
- تعتبر الألكينات مشتقه من الألكانات بانتزاع ذرتي هيدروجين من جزيء الألكان المقابل.

تسمية الألكينات بنظام الإيوباك

① نتبع نفس خطوات تسمية الألكانات، مع استبدال المقطع **(آن)** في اسم الألكين بالمقطع **(ين)**.

② نحدد أطول سلسلة كربونية تحتوي الرابطة المزدوجة حتى وإن وجدت سلسلة أخرى أطول منها ولا تحتوي الرابطة المزدوجة.

مثال: السلسلة الأطول في هذا الجزيء 7 ذرات كربون وليست 8

$$CH_3-CH=\underset{|}{C}-CH_2-CH_2-CH_3$$
$$CH_3-CH_2-CH_2-CH-CH_3$$

③ يسبق اسم الألكين رقم ذرة الكربون الأقل (الأقرب لبداية السلسلة) المتصلة بالرابطة المزدوجة

$CH_3-CH=CH_2$
1- بروبين

$CH_3-CH=CH-CH_2-CH_3$
2- بنتين

④ يبدأ الترقيم في الطرف الأقرب إلى الرابطة المزدوجة بغض النظر عن موقع أي مجموعات أخرى.

$Cl-CH_2-CH_2-CH=CH_2$
4 - كلورو -1- بيوتين

$$CH_2=CH-\overset{\overset{\displaystyle CH_3}{|}}{CH}-CH_2-CH_3$$
3- ميثيل -1- بنتين

$$CH_3-CH_2-CH_2-\underset{\underset{CH_2-CH_2-CH_3}{|}}{CH}-CH=CH-CH_3$$

4 – بروبيل –2– هبتين

$$CH_3-CH=CH-\overset{CH_3}{\underset{Cl}{C}}-CH_3$$

4 – كلورو – 4 – ميثيل –2– بنتين

⑤ في حالة تماثل الترقيم من الطرفين بالنسبة للرابطة المزدوجة نلجأ للترقيم من الطرف الأقرب للتفرع، فإذا كان الترقيم متماثل نلجأ للترقيم حسب الأبجدية للأسماء اللاتينية للتفرعات.

$$Cl-CH_2-CH=CH-CH_3$$

1 – كلورو –2– بيوتين

$$Cl-CH_2-CH=CH-CH_2-Br$$

1 – برومو – 4 – كلورو –2– بيوتين



اكتب أسماء المركبات الآتية حسب نظام الإيوباك:

① $CH_3-CH_2-\underset{\underset{CH_3}{\underset{\vert}{CH_2}}}{C}=CH_2$	② $(H_3C)_2C=C(CH_3)_2$
③ $CH_3-\underset{Br}{CH}-CH=CH-\overset{Cl}{\underset{CH_3}{C}}-CH_3$	④ $F-\overset{F}{\underset{F}{C}}-CH=CH-\overset{Br}{\underset{Cl}{CH}}$
⑤ $H_2\overset{Cl}{C}-\overset{Cl}{CH}-\overset{CH_2}{\overset{\Vert}{C}}-CH_3$	⑥ $CH_3-\underset{C_6H_5}{CH}-\underset{CH_3}{CH}-CH=\underset{C_2H_5}{C}-CH_3$

الإجابة

① 2 – إيثيل –1– بيوتين.

② 3،2 – ثنائي ميثيل –2– بيوتين.

③ 5 – برومو – 2 – كلورو – 2 – ميثيل – 3 – هكسين.

④ 4 – برومو – 4 – كلورو –1،1،1– ثلاثي فلورو – 2 – بيوتين.

⑤ 4،3 – ثنائي كلورو –2– ميثيل –1– بيوتين.

⑥ 5،3– ثنائي ميثيل – 6 – فينيل – 3 – هبتين.



التسمية الصحيحة للمركب 2– برومو –5– إيثيل – 4 – هكسين حسب نظام IUPAC هي .... (تجريبي ٢١)

ⓐ 2– برومو –5– ميثيل – 4 – هبتين.

ⓑ 6– برومو –2– إيثيل –2– هكسين.

ⓒ 2– برومو –5– إيثيل – 4 – بنتين.

ⓓ 6– برومو –3– ميثيل –3– هبتين.



وسنتناول بالذكر الإيثين (الإيثيلين) كمثال على الألكينات من حيث تحضيره :

الإيثين Ethene (C_2H_4)

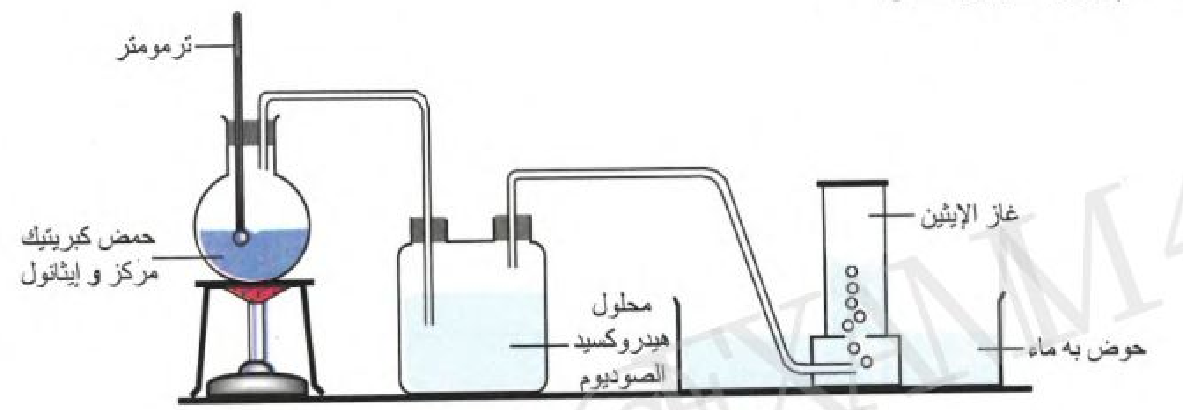
أول أفراد الألكينات واسمه الشائع (**الإيثيلين**)

تحضير الإيثين فى المختبر

يُحضر الإيثين بانتزاع الماء من الكحول الإيثيلي (الإيثانول) بواسطة حمض الكبريتيك المركز الساخن إلى (180°C)

$$C_2H_5OH_{(\ell)} \xrightarrow[180\ °C]{H_2SO_4\ conc} C_2H_{4(g)} + H_2O_{(v)}$$

باستخدام جهاز كالمبين بالشكل :



▲ تجربة تحضير غاز الإيثين (الإيثيلين) في المختبر

ويتم هذا التفاعل على خطوتين متتاليتين :

① يتفاعل الإيثانول مع حمض الكبريتيك عند 80°C مكوناً **كبريتات الإيثيل الهيدروجينية**

$$H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{H}{\overset{H}{C}}-OH_{(\ell)} + H-OSO_3H_{(\ell)} \xrightarrow{80\ °C} H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{H}{\overset{H}{C}}-OSO_3H_{(aq)} + H_2O_{(\ell)}$$

إيثانول (كحول إيثيلي) — حمض كبريتيك — كبريتات الإيثيل الهيدروجينية

② تنحل كبريتات الإيثيل الهيدروجينية بالحرارة عند 180°C ليتكون **الإيثين**

$$H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{H}{\overset{H}{C}}-OSO_3H_{(aq)} \xrightarrow{180\ °C} \underset{H}{\overset{H}{C}}=\underset{H}{\overset{H}{C}}_{(g)} + H_2SO_{4(aq)}$$

كبريتات الإيثيل الهيدروجينية — إيثين (إيثيلين) — حمض كبريتيك

بالجمع

$$H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{H}{\overset{H}{C}}-OH_{(\ell)} \xrightarrow[180\ °C]{H_2SO_4\ conc.} \underset{H}{\overset{H}{C}}=\underset{H}{\overset{H}{C}}_{(g)} + H_2O_{(v)}$$

إيثانول (كحول إيثيلي) — إيثين (إيثيلين)

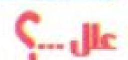
الخواص العامة للألكينات

الخواص الفيزيائية

- المركبات الأولى من سلسلة الألكينات التي تحتوي من (2 : 4) ذرة كربون فهي **[غازات]**
- المركبات الوسطى التي تحتوي من (5 : 15) ذرة كربون فهي **[سوائل]**
- المركبات العليا التي تحتوي على أكثر من 15 ذرة كربون فهي **[صلبة]**
- الألكينات مواد غير قطبية لا تذوب في الماء وإنما تذوب في المركبات العضوية

مثل : الإثير **و** البنزين **و** رابع كلوريد الكربون.

الخواص الكيميائية



– الألكينات أكثر نشاطاً من الألكانات.

– الألكينات مركبات غير مشبعة بينما الألكانات مركبات مشبعة.

لأن الألكينات تتميز بوجود الرابطة المزدوجة، تكون إحدى هاتين الرابطتين من نوع سيجما **(σ)** القوية صعبة الكسر، أما الرابطة الأخرى فهي من نوع باي **(π)** الضعيفة سهلة الكسر، بينما الألكانات كل الروابط بها أحادية مشبعة من النوع سيجما **(σ)** القوية صعبة الكسر.



❶ الاحتراق

تشتعل الألكينات في الهواء من خلال تفاعل طارد للحرارة وينتج ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء

$$C_2H_{4(g)} + 3O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 2CO_{2(g)} + 2H_2O_{(v)} + Energy$$

القانون العام لاحتراق الألكينات

$$C_nH_{2n} + \frac{3n}{2} O_2 \xrightarrow{\Delta} n\ CO_2 + n\ H_2O$$

❷ الإضافة

تفاعلات الإضافة على الألكينات كثيرة وأشهرها **أربعة تفاعلات** هي :

(أ) إضافة الهيدروچين (الهدرجة). (ب) إضافة الهالوچينات (الهلجنة).

(جـ) إضافة هاليدات الهيدروچين (الأحماض الهالوچينية). (د) إضافة الماء (الهيدرة الحفزية).



أ إضافة الهيدروجين (الهدرجة)

تتفاعل الألكينات مع الهيدروجين في وجود عوامل حفازة، **مثل** : النيكل أو البلاتين مع التسخين ويتكون الألكان المقابل، حيث تحتاج كل رابطة باي (π) مول واحد من الهيدروجين لكسرها مقابل مول من الهيدروكربون.

$$H_2C{=}CH_{2(g)} + H{-}H_{(g)} \xrightarrow[150:300\ ^\circ C]{Pt\ or\ Ni} H_3C{-}CH_{3(g)}$$

إيثين (إيثيلين) ← إيثان



كيف تحصل على : الإيثان من الإيثانول ؟

الإجابة

- $C_2H_5OH_{(\ell)} \xrightarrow[180^\circ C]{H_2SO_4\ conc.} C_2H_{4(g)} + H_2O_{(v)}$
- $C_2H_{4(g)} + H_{2(g)} \xrightarrow[150^\circ : 300^\circ C]{Ni\ or\ Pt} C_2H_{6(g)}$

ب إضافة الهالوجينات (الهلجنة)

يستخدم هذا التفاعل للكشف عن عدم التشبع في الألكينات.

$$H_2C{=}CH_{2(g)} + Br{-}Br_{(\ell)} \xrightarrow{CCl_4} Br{-}CH_2{-}CH_2{-}Br_{(\ell)}$$

إيثين (إيثيلين) + البروم الأحمر ← 2،1 – ثنائي برومو إيثان (عديم اللون)



كيف تميز عملياً بين : الإيثين (ألكين) **و** الإيثان (ألكان) ؟

الإجابة

التجربة	الإيثين (ألكين)	الإيثان (ألكان)
بإضافة البروم المذاب في رابع كلوريد الكربون إلى كل منهما ورج الأنبوبتين.	يزول لون البروم الأحمر ويتكون 1 ، 2– ثنائي برومو إيثان **عديم اللون**.	لا يتغير لون البروم الأحمر لعدم تفاعله معه بالإضافة.



ما الصيغة العامة للمركب المُشبع الناتج من إضافة البروم الذائب في CCl_4 إلى الألكينات؟ ....

(أ) $C_nH_{2n-2}Br_2$

(ب) $C_nH_{2n+2}Br_2$

(ج) $C_nH_{2n-2}Br_4$

(د) $C_nH_{2n}Br_2$

جـ إضافة هاليدات الهيدروجين (الأحماض الهالوجينية) (HX)

تتفاعل الألكينات بالإضـافة مع هاليدات الهيدروچين وهي مادة غير متماثلة حيث تنكسـر الرابطة باي (π) وتتصـل ذرة هيدروچين بإحدى ذرتي الكربون في الرابطة باي (π) وذرة الهالوچين بذرة الكربون الأخرى ويتكون هاليد الألكيل المُقابل، وتتوقف نواتج الإضافة على **نوع الألكين**.

الألكين المتماثل	الألكين غير المتماثل
الألكين الذي تكون فيه ذرتي الكربون المتصـلتين بالرابطة المزدوجة ترتبطان بنفس العدد من ذرات الهيدروچين.	الألكين الذي تكون فيه ذرتي الكربون المتصـلتين بالرابطة المزدوجة ترتبطان بعدد غير متساوٍ من ذرات الهيدروچين.
2– بيوتين ألكين متماثل ... علل؟ لأن 2– بيوتين $CH_3-CH=CH-CH_3$ ترتبط ذرتي كربون الرابطة المزدوجة بعدد متساوٍ من ذرات الهيدروچين.	1– بيوتين ألكين غير متماثل ... علل؟ لأن 1– بيوتين $CH_2=CH-CH_2-CH_3$ ترتبط ذرتي كربون الرابطة المزدوجة بعدد مختلف من ذرات الهيدروچين

١ الإضافة على الألكين المتماثل

تضاف ذرة الهيدروچين (H^+) على أي من ذرتي الكربون وتضاف ذرة الهالوچين على ذرة الكربون الأخرى.

$$H_2C=CH_{2(g)} + H-Br_{(g)} \longrightarrow H-CH_2-CH_2-Br_{(g)}$$

إيثين (إيثيلين) بروميد الهيدروچين برومو إيثان (بروميد إيثيل)

٢ الإضافة على الألكين غير المتماثل

تضاف ذرة الهيدروچين (H^+) إلى ذرة الكربون الأغنى بالهيدروچين (المتصلة بعدد أكبر من ذرات الهيدروچين)، بينما تضاف ذرة الهالوچين (X^-) إلى ذرة الكربون الأفقر بالهيدروچين (المتصلة بعدد أقل من ذرات الهيدروچين) وتسمى هذه القاعدة **بقاعدة ماركونيكوف**

قاعدة ماركونيكوف

عند إضافة متفاعل غير متماثل (H^+X^- أو $H^+OSO_3H^-$ أو H^+OH^-) إلى ألكين غير متماثل فإن الجزء الموجب (H^+) من المتفاعل يضاف إلى ذرة الكربون الحاملة لعدد أكبر من ذرات الهيدروچين، والجزء السالب (X^-) يضاف إلى ذرة الكربون الحاملة لعدد أقل من ذرات الهيدروچين.

$$CH_3-CH=CH_{2(g)} + H-Br_{(g)} \longrightarrow CH_3-CHBr-CH_{3(\ell)}$$

بروبين بروميد الهيدروچين 2 – برومو بروبان

تدريب ١٧

اكتب معادلة تفاعل : كلوريد الهيدروچين مع كلورو إيثين.

الإجابة

$$H-CCl=CH-H + H-Cl \longrightarrow H-CCl_2-CH_2-H$$

كلورو إيثين كلوريد الهيدروچين ١،١ – ثنائي كلورو إيثان



د إضافة الماء (الهيدرة الحفزية)

لا يتم إضافة الماء إلى الألكينات إلا في وجود وسط حامضي ...علل؟

لتوفير أيونات الهيدروجين الموجبة اللازمة لكسر الرابطة باي (π) لأن الماء إلكتروليت ضعيف.

(١) **إضافة** حمض الكبريتيك المخفف إلى **الإيثين** ليتكون **كبريتات الإيثيل الهيدروجينية**.

$$CH_2{=}CH_{2(g)} + H{-}OSO_3H_{(aq)} \xrightarrow[80\,°C]{\Delta} H{-}CH_2{-}CH_2{-}OSO_3H_{(aq)}$$

إيثين (إيثيلين) — حمض كبريتيك — كبريتات إيثيل هيدروجينية

(٢) **التحلل المائي** لكبريتات الإيثيل الهيدروجينية ليتكون إيثانول (كحول إيثيلي).

$$H{-}CH_2{-}CH_2{-}OSO_3H_{(aq)} + H{-}OH_{(\ell)} \xrightarrow[110\,°C]{\Delta} H{-}CH_2{-}CH_2{-}OH_{(\ell)} + H_2SO_{4(aq)}$$

كبريتات إيثيل هيدروجينية — ماء — إيثانول (كحول إيثيلي) — حمض كبريتيك

بالجمع

الهيدرة حفزية :

$$CH_2{=}CH_{2(g)} + H{-}OH_{(\ell)} \xrightarrow[110\,°C]{H_2SO_4\ dil.} H{-}CH_2{-}CH_2{-}OH_{(\ell)}$$

إيثين (إيثيلين) — ماء — إيثانول (كحول إيثيلي)



ما ناتج الهيدرة الحفزية للمركب $CH_2CHCHCH_2$ ؟ ....

(أ) 4،1 – ثنائي هيدروكسي –2– بيوتين.

(ب) 3،2 – ثنائي هيدروكسي –2– بيوتين.

(ج) 4،1 – ثنائي هيدروكسي بيوتان.

(د) 2، 3– ثنائي هيدروكسي بيوتان.

٣ الأكسدة

تتأكسد الألكينات بالعوامل المؤكسدة مثل فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2

أو ببرمنجنات البوتاسيوم القلوية البنفسجية $KMnO_4$ وتتكون **مركبات ثنائية الهيدروكسيل** تعرف **بالجلايكولات**

تفاعل باير

هو أحد أنواع تفاعلات الأكسدة ويستخدم هذا التفاعل في الكشف عن الرابطة المزدوجة،

فعند إمرار الإيثين في محلول برمنجنات البوتاسيوم في وسط قلوي يزول لون برمنجنات البوتاسيوم البنفسجية.

$$H{-}CH{=}CH{-}H + H_2O + [O] \xrightarrow[\text{alkaline medium}]{KMnO_4} H{-}CH(OH){-}CH(OH){-}H$$

إيثين (إيثيلين) — إيثيلين جليكول



كيف تحصل على : مركب ثنائي الهيدروكسيل (إيثيلين جليكول) من مركب أحادي الهيدروكسيل (الإيثانول) ؟

الإجابة

$$H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{H}{\overset{H}{C}}-OH_{(\ell)} \xrightarrow[180\,°C]{H_2SO_4} \underset{H}{\overset{H}{C}}=\underset{H}{\overset{H}{C}}_{(g)} + H_2O_{(v)}$$

$$H-\overset{H}{C}=\overset{H}{C}-H + H_2O + [O] \xrightarrow[\text{alkaline medium}]{KMnO_4} H-\underset{OH}{\overset{H}{C}}-\underset{OH}{\overset{H}{C}}-H$$

الإيثيلين جليكول هو المادة الأساسية المانعة لتجمد الماء في مبردات السيارات ...علل؟

لأنه يكون روابط هيدروچينية مع جزيئات الماء فيمنع تجمع جزيئات الماء مع بعضها على هيئة بلورات ثلجية.



الروابط الهيدروچينية بين الإيثيلين جليكول والماء — الروابط الهيدروچينية بين بلورات الثلج



كيف تميز عملياً بين : الإيثين (ألكين) و الإيثان (ألكان) ؟

الإجابة

التجربة	الإيثين (ألكين)	الإيثان (ألكان)
إمرار كلاً منهما في محلول برمنجنات البوتاسيوم في وسط قلوي.	يزول لون البرمنجنات البنفسجية لتأكسد الإيثين إلى إيثيلين چليكول	لا يزول لون البرمنجنات البنفسجية.

تدريب ٢٠

اكتب معادلة تفاعل محلول برمنجنات البوتاسيوم في وسط قلوي مع مركب 2– ميثيل –1– بروبين ؟

الإجابة

$$H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\overset{CH_3}{C}=\overset{H}{C}-H + H_2O + [O] \xrightarrow[\text{alkaline medium}]{KMnO_4} H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{OH}{\overset{CH_3}{C}}-\underset{OH}{\overset{H}{C}}-H$$





عند إضافة محلول برمنجنات البوتاسيوم في وسط قلوي إلى المادتين (A) ، (B) كلا على حدة،
لوحظ زوال اللون مع المادة (A) فقط وعدم زوال اللون مع المادة (B)
أي مما يلي يُعد صحيحاً؟ .... (تجريبي ٢١)

Ⓐ المركب (A) هو 2– ميثيل –2– بنتين وتمت الإضافة إلى ذرتي الكربون 2 ، 3
Ⓑ المركب (A) هو 2– ميثيل –2– بنتين وتمت الإضافة إلى ذرتي الكربون 1 ، 2
Ⓒ المركب (B) هو بروبين وتمت الإضافة إلى ذرتي الكربون 2 ، 3
Ⓓ المركب (B) هو بروبين وتمت الإضافة إلى ذرتي الكربون 1 ، 2



يعتبر تفاعل 1– بيوتين مع فوق أكسيد الهيدروجين (عديم اللون) تفاعل .... (مصر ثان ٢١)

Ⓐ أكسدة واختزال ويعتبر كشفاً عن الرابطة المزدوجة.
Ⓑ أكسدة فقط ولا يعتبر كشفاً عن الرابطة المزدوجة.
Ⓒ أكسدة واختزال ولا يعتبر كشفاً عن الرابطة المزدوجة.
Ⓓ أكسدة فقط ويعتبر كشفاً عن الرابطة المزدوجة.

٤ البلمرة

كلمة **(بوليمر)** كلمة لاتينية الأصـــل معناها عديد الوحدات، وتعتبر عملية البلمرة من التفاعلات الكيميائية الهامة التي فتحت الباب على مصراعيه لتحضير العديد من المنتجات التي ساهمت في ازدهار الحضارة.

البلمرة

عبارة عن تجمع عدد كبير من جزيئات مركبات بسيطة تسمى مونومر يتراوح عددها من المئة حتى المليون لتكوين جزيء كبير عملاق ذو كتلة جزيئية كبيرة يسمى بوليمر.

المونمر (monomer): الجزيء الصغير.   البوليمر (Polymer): الجزيء الكبير.

Polymer	Tetramer	Trimer	Dimer	Monomer
عديد وحدات	أربع وحدات	ثلاث وحدات	وحدتين	وحدة واحدة

البلمرة نوعان :

١ البلمرة بالإضافة

تتم بإضافة أعداد كبيرة جداً من جزيئات مركب واحد صغير وغير مُشبع إلى بعضها لتكوين جزيء مُشبع كبير جداً.

أمثلة : البولي إيثيلين PE – بولي بروبيلين PP – بولي ڤاينيل كلوريد PVC – التِفلون PTFE

بلمرة الألكينات

تتميز الألكينات بتكوين بوليمرات بالإضافة، فعند تسخين الإيثين (كتلته الجزيئية = 28) تحت ضغط كبير(10000 atm) في وجود فوق الأكاسيد **كمواد بادئة للتفاعل،** يتكون البولي الإيثيلين (كتلته الجزيئية = 30000)

تفسير عملية بلمرة الإيثين بالإضافة

(١) الرابطة باي تنكسر ويتحرر إلكتروني هذه الرابطة ويصبح لكل ذرة كربون إلكترون حُر.

(٢) ترتبط ذرات الكربون عن طريق إلكتروناتها الحُرة مع بعضها بروابط تساهمية أحادية مكونة سلاسل طويلة من جزيئات البُوليمر، ويتبين ذلك من المعادلات الآتية :

$$\underset{\text{إيثيلين}}{CH_2{=}CH_2} + \underset{\text{إيثيلين}}{CH_2{=}CH_2} \xrightarrow[\text{عوامل مساعدة}]{\text{ضغط / حرارة}} \bullet CH_2{-}CH_2\bullet + \bullet CH_2{-}CH_2\bullet \xrightarrow[\text{الكربون بروابط تساهمية}]{\text{بارتباط عدد كبير من ذرات}} \underset{\text{بوليمر بولي إيثلين}}{\left[-CH_2{-}CH_2-\right]_n}$$

يبين الجدول التالي بعض بوليمرات الألكينات ومشتقاتها الناتجة بالإضافة وأهم استخداماتها

المونمر	البوليمر	الاسم التجاري	الخواص	الاستخدامات
$CH_2{=}CH_2$ إيثين	$-(CH_2{-}CH_2)_n-$ بولي إيثين	بولي إيثيلين (PE)	لين ويتحمل المواد الكيميائية	– الرقائق والأكياس البلاستيك – الزجاجات البلاستيك – الخراطيم
$CH_2{=}CH(CH_3)$ بروبين	$-(CH_2{-}CH(CH_3))_n-$ بولي بروبين	بولي بروبيلين (PP)	قوي وصلب	– السجاد – المفارش – الشكائر البلاستيك – المعلبات
$CH_2{=}CHCl$ كلوروإيثين (كلوريد ڤاينيل)	$-(CH_2{-}CHCl)_n-$ عديد (بولي) كلوروإيثين	بولي ڤاينيل كلوريد (PVC)	لين وقوي	– مواسير الصرف الصحي والري. – أحذية. – خراطيم مياه. – عوازل الأرضيات. – جراكن الزيوت المعدنية.
$CF_2{=}CF_2$ رباعي فلورو إيثين	$-(CF_2{-}CF_2)_n-$ عديد (بولي) رباعي فلورو إيثين	تِفلون (PTFE)	– يتحمل الحرارة. – غير قابل للإلتصاق. – عازل للكهرباء. – خامل.	– تبطين أواني الطهي (التيفال). – خيوط جراحية.



ب البلمرة بالتكاثف

تتم بين مونمرين مختلفين يحدث بينهما عملية تكاثف أي ارتباط مع فقد جزيء بسيط مثل الماء ويتكون بوليمر مُشترك Copolymer ويعتبر هو الوحدة الأولى التي تستمر فيها عملية البلمرة بين جزيئاتها، وسنتعرض لدراسة هذا النوع فيما بعد.

وفيما يلي معادلة تخطيطية لعملية بلمرة التكاثف :

n a —▬— a + n b —⬬— b ⟶ [—▬—⬬—]n + 2n ab

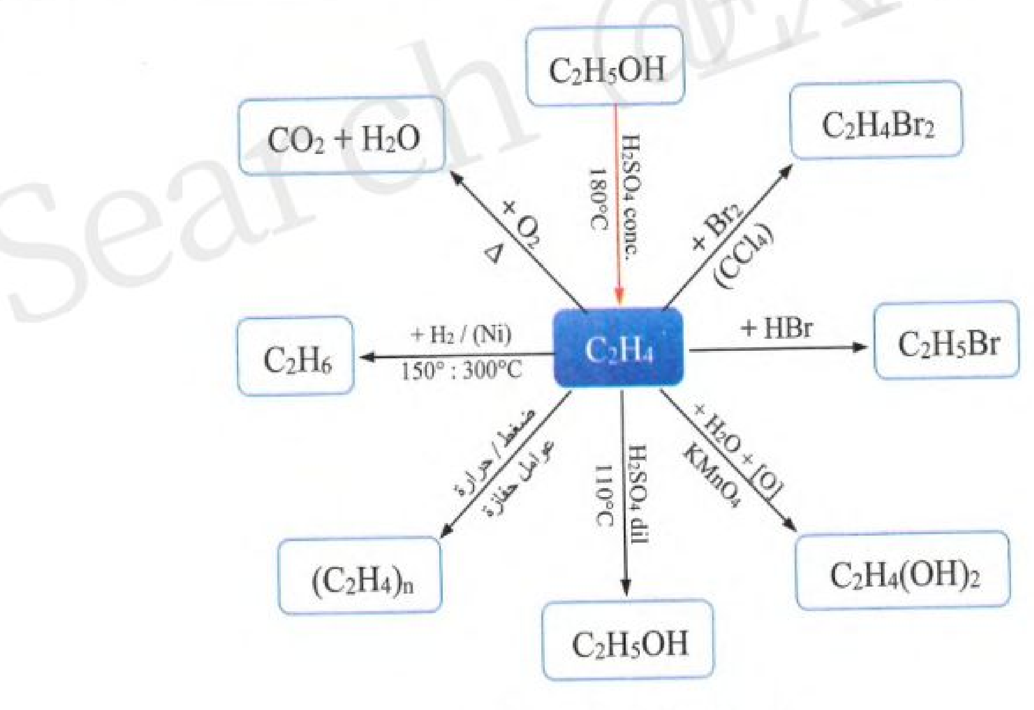
تفاعل التكاثف

تفاعل يتم فيه ارتباط بين مونمرين مختلفين مع فقد جزيء بسيط مثل الماء.

البوليمر المُشترك

الوحدة الأولى التي تستمر فيها عملية البلمرة بالتكاثف بين جزيئاتها.

	البلمرة بالإضافة	البلمرة بالتكاثف
التعريف	تتم بإضافة أعداد كبيرة جداً من جزيئات مركب واحد صغير وغير مُشبع إلى بعضها لتكوين جزيء مُشبع كبير جداً.	تتم بين مونومرين مختلفين غالباً يحدث بينهما تكاثف ويتكون بوليمر مُشترك يعتبر هو الوحدة الأولى التي تستمر فيها عملية البلمرة بين جزيئاتها.
نوع التفاعل	إضافة.	تكاثف.
أمثلة	بولي إيثيلين – تفلون.	الباكليت – الداكرون.



▲ مخطط تفاعلات وتحضير الإيثين

٢ الألكاينات (الأسيتيلينات)

مجموعة الهيدروكربونات مفتوحة السلسلة توجد بين ذرات الكربون في السلسلة الكربونية رابطة ثلاثية واحدة على الأقل.

القانون العام: C_nH_{2n-2} (لاحظ أن هذا القانون يخص الألكاينات التي تحتوي على رابطة ثلاثية واحدة فقط).

- كل مركب من الألكاينات يقل ذرتي هيدروجين عن مثيله من الألكينات، وأربع ذرات هيدروجين عن مثيله من الألكانات.
- كل مركب يزيد عن الذي يسبقه بمجموعة ميثين (CH_2)
- تعتبر الألكاينات سلسلة متجانسة ... علل؟

لأنها مجموعة من المركبات يجمعها قانون جزيئي عام تشترك في الخواص الكيميائية وتتدرج في الخواص الفيزيائية.

تسمية الألكاينات بنظام الإيوباك

① نتبع نفس الطريقة السابقة التي استخدمناها في تسمية الألكانات بعد استبدال النهاية (آن) بالنهاية (آين)

② نختار أطول سلسلة كربونية متصلة تتضمن الرابطة الثلاثية حتى وإن وجدت سلسلة لا تحتوي على الرابطة الثلاثية.

③ ترقم السلسلة من الطرف القريب للرابطة الثلاثية بغض النظر عن موقع أي مجموعات متفرعة أخرى.

④ يسبق اسم الألكاين رقم ذرة الكربون الأقل المتصلة بالرابطة الثلاثية.

```
    H         H   H
    |         |   |
H - C - C≡C - C - C - H
    |         |   |
    H         H   Cl
```
5- كلورو -2- بنتاين

```
            H   H
            |   |
H - C≡C  -  C - C - H
            |   |
            Br  H
```
3- برومو -1- بيوتاين

تدريب ٢١

اكتب أسماء المركبات الآتية حسب نظام الإيوباك:

① $CH_3-C(CH_3)(Br)-C\equiv C-C(Cl)(CH_3)-CH_3$	② $F-C(CH_3)(CH_3)-C\equiv C-CH(Br)(Cl)$
③ $CH_3-(CH_2)_3-C\equiv C-CH(Cl)-CH_3$	④ $CH_3-CH(C_6H_5)-CH(CH_3)-C\equiv C-C_2H_5$

الإجابة

① 2- برومو -5- كلورو -5،2- ثنائي ميثيل -3- هكساين.

② 1- برومو -1- كلورو - 4 - فلورو - 4 - ميثيل -2- بنتاين.

③ 2- كلورو -3- أوكتاين.

④ 5- ميثيل - 6 - فينيل -3- هبتاين.



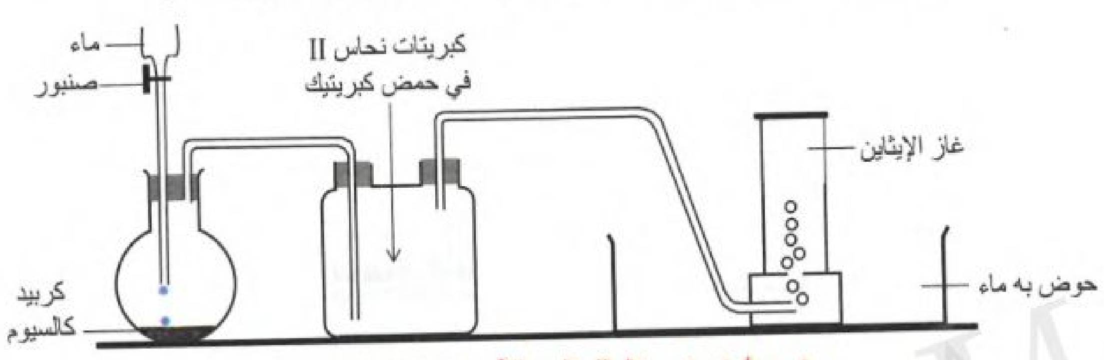
وسنتناول بالذكر الإيثاين (الأسيتيلين) كمثال على الألكاينات.

الإيثاين (الأسيتيلين) Ethyne (H−C≡C−H)

أول مركبات هذه المجموعة الإيثاين (C_2H_2) واسمه الشائع **(الأسيتيلين)** والذي سميت هذه المجموعة باسمه.

١ تحضير الإيثاين في المختبر

يُحضر بتنقيط الماء على كربيد الكالسيوم (ثاني كربيد الكالسيوم) ، **باستخدام جهاز كالمبين بالشكل :**



▲ جهاز تحضير غاز الإيثاين (الأستيلين) في المختبر

$$\underset{\text{كربيد كالسيوم}}{C_2Ca_{(s)}} + \underset{\text{ماء}}{2\,H-OH_{(\ell)}} \longrightarrow \underset{\text{إيثاين (أستيلين)}}{H-C\equiv C-H_{(g)}} + \underset{\text{هيدروكسيد كالسيوم}}{Ca(OH)_{2\,(aq)}}$$

يمرر غاز الإيثاين قبل جمعه على محلول كبريتات النحاس II في حمض الكبريتيك المخفف ...علل؟

لإزالة غاز كبريتيد الهيدروچين وغاز الفوسفين الناتجين من الشوائب الموجودة في كربيد الكالسيوم.

٢ تحضير الإيثاين في الصناعة

يُحضر الإيثاين في الصناعة من الغاز الطبيعي المحتوي على نسبة عالية من غاز الميثان بالتسخين لدرجة حرارة أعلى من 1400°C ، ثم التبريد السريع للناتج.

$$\underset{\text{ميثان}}{2CH_{4(g)}} \xrightarrow[\text{Fast Cooling}]{1500°C} \underset{\text{إيثاين}}{C_2H_{2(g)}} + 3H_{2(g)}$$



تدريب ٢٢

وضح بالمعادلات فقط كيف تحصل على الإيثاين من أسيتات الصوديوم؟

الإجابة

$$CH_3COONa_{(s)} + NaOH_{(s)} \xrightarrow[\Delta]{CaO} CH_{4(g)} + Na_2CO_{3(s)}$$

$$2CH_{4(g)} \xrightarrow[\text{Fast Cooling}]{1500°C} C_2H_{2(g)} + 3H_{2(g)}$$

الخواص الكيميائية

الألكاينات مركبات شديدة النشاط ... علل؟

لأنها تحتوي بين ذرات الكربون على رابطة ثلاثية إحدى هذه الروابط من النوع سيجما (σ) القوية، ورابطتين من النوع باي (π) الضعيفة سهلة الكسر.



١ الاحتراق

أ في الهواء الجوي (كمية محدودة من الأكسچين)

يحترق الإيثاين في الهواء بلهب مُدخن ... علل؟

لاحتوائه على نسبة كبيرة من الكربون لا يكفي أكسچين الهواء لحرقها فيحترق بلهب مُدخن.

$$2C_2H_{2(g)} + 3O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 2CO_{2(g)} + 2H_2O_{(v)} + 2C_{(s)}$$

إيثاين — هواء جوي — دخان أسود

ب في الأكسچين النقي (كمية وفيرة من الأكسچين)

يحترق الإيثاين تماماً معطياً ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء من خلال تفاعل طارد للحرارة.

$$2C_2H_{2(g)} + 5O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 4CO_{2(g)} + 2H_2O_{(v)} + Heat$$

إيثاين — أكسچين نقي — لهب الأكسي أستيلين

يستخدم لهب الأكسي أسيتيلين في لحام وقطع المعادن ... علل؟

لأن درجة الحرارة المنطلقة من هذا التفاعل (3000°C) كافية للحام وقطع المعادن.

القانون العام لاحتراق الألكاينات في كمية وفيرة من الأكسجين

$$C_nH_{2n-2} + \frac{3n-1}{2} O_2 \xrightarrow{\Delta} n\, CO_2 + (n-1)\, H_2O$$

٢ الإضافة

تتم الإضافة في الألكاينات على مرحلتين ... علل؟

لأن الرابطة الثلاثية تحتوي على رابطتين باي (π) الضعيفة يتم كسرها على مرحلتين.

تفاعلات الإضافة على الألكاينات كثيرة وأشهرها **أربعة تفاعلات** هي :

(أ) إضافة الهيدروچين (الهدرجة).

(ب) إضافة الهالوچينات (الهلجنة).

(جـ) إضافة هاليدات الهيدروچين (الأحماض الهالوچينية).

(د) إضافة الماء (الهيدرة الحفزية).



أ إضافة الهيدروجين (الهدرجة)

وتتم في وجود النيكل المجزأ .. هل تتذكر لماذا؟

$$H-C\equiv C-H_{(g)} \xrightarrow[(Ni)]{+H_2/\Delta} H-\overset{H}{\underset{}{C}}=\overset{H}{\underset{}{C}}-H_{(g)} \xrightarrow[(Ni)]{+H_2/\Delta} H-\overset{H}{\underset{H}{C}}-\overset{H}{\underset{H}{C}}-H_{(g)}$$

إيثاين (أستيلين) — إيثين (إيثيلين) — إيثان

تدريب ٢٣

وضح بالمعادلات فقط كيف تحصل على: الإيثان من (كربيد الكالسيوم – الميثان) ؟

إرشاد الإجابة

- كربيد كالسيوم ← إيثاين ← إيثين ← إيثان.
- ميثان ← إيثاين ← إيثين ← إيثان.

ب إضافة الهالوجينات (الهلجنة)

يتفاعل الإيثاين مع محلول البروم بالإضافة ويزول لون البروم الأحمر.

$$H-C\equiv C-H_{(g)} + Br-Br_{(\ell)} \xrightarrow{CCl_4} H-\overset{Br}{C}=\overset{Br}{C}-H_{(\ell)} \xrightarrow[(CCl_4)]{+Br-Br(\ell)} H-\overset{Br}{\underset{Br}{C}}-\overset{Br}{\underset{Br}{C}}-H_{(\ell)}$$

إيثاين (أستيلين) — البروم الأحمر — 1،2– ثنائي برومو إيثين — 1،1،2،2– رباعي برومو إيثان

استخدام مواد مهدئة عند تفاعل الكلور مع الألكاينات ...علل؟

لأنه يتفاعل معها بشدة وقد يكون التفاعل مصحوباً بلهب وضوء.



تدريب ٢٤

كيف تميز عملياً بين : الإيثاين (ألكاين) و الإيثان (ألكان) ؟

الإجابة

التجربة	الإيثاين (ألكاين)	الإيثان (ألكان)
بإضافة محلول البروم المذاب في رابع كلوريد الكربون إلى كل منهما.	يزول لون البروم الأحمر لأن الإيثاين مركب غير مشبع يتفاعل بالإضافة.	لا يزول اللون الأحمر للبروم لأن الإيثان مركب مشبع لا يتفاعل بالإضافة.



شغل دماغك ١٤

مركب هيدروكربوني يتفاعل 0.5 mol منه مع 1 mol من البروم المُذاب في رابع كلوريد الكربون فإن صيغة المركب الناتج .... (تجريبي ٢١)

(أ) $C_nH_{2n-2}Br_4$

(ب) $C_nH_{2n-2}Br_2$

(ج) $C_nH_{2n}Br_4$

(د) $C_nH_{2n}Br_2$

جـ إضافة الأحماض الهالوجينية أو هاليدات الهيدروجين (HX)

$$H-C\equiv C-H_{(g)} + HBr_{(g)} \longrightarrow H-\underset{}{\overset{H\ \ Br}{C=C}}-H_{(g)} \xrightarrow{+HBr} H-\underset{H\ \ Br}{\overset{H\ \ Br}{C-C}}-H_{(\ell)}$$

إيثاين (أستيلين) — برومو إيثين (بروميد الفاينيل) — 1،1 – ثنائي برومو إيثان

ونلاحظ انطباق قاعدة ماركونيكوف على المرحلة الثانية من التفاعل السابق.



مبتدئاً بالأستيلين كيف تحصل على (2،1– ثنائي برومو إيثان) ؟

الإجابة

$$H-C\equiv C-H_{(g)} + H_{2(g)} \longrightarrow H-\overset{H\ \ H}{C=C}-H_{(g)} \xrightarrow{+HBr} H-\underset{Br\ \ Br}{\overset{H\ \ H}{C-C}}-H_{(\ell)}$$

إيثاين — إيثين — 2،1– ثنائي برومو إيثان

د إضافة الماء (الهيدرة الحفزية)

يتفاعل الإيثاين مع الماء بالإضافة وذلك في وجود عوامل حفازة مثل حمض الكبريتيك (40%) وكبريتات الزئبق II عند (60°C) لتكوين الأسيتالدهيد (الإيثانال).

$$H-C\equiv C-H_{(g)} + H-OH_{(g)} \xrightarrow[HgSO_4\ (60°C)]{H_2SO_4\ (40\%)} H-\overset{H\ \ OH}{C=C}-H \xrightarrow{rearrangement} H-\underset{H}{\overset{H\ \ O}{C-C}}-H_{(\ell)}$$

إيثاين (أستيلين) — كحول الفاينيل Vinyl Alcohol (مركب غير ثابت) — إيثانال (أسيتالدهيد)

– يستغل هذا التفاعل في صناعة حمض الإيثانويك (الأسيتيك أو الخليك) وذلك بأكسدة الإيثانال (الأسيتالدهيد)

$$CH_3CHO_{(\ell)} \xrightarrow[\text{acidified } KMnO_4]{[O]\ \text{Oxidation}} CH_3COOH_{(\ell)}$$

أسيتالدهيد (إيثانال) — حمض أسيتيك (إيثانويك)

– يمكن كذلك الحصول على الإيثانول (الكحول الإيثيلي) باختزال الإيثانال (الأسيتالدهيد).

$$CH_3\ CHO_{(\ell)} \xrightarrow[\text{Reduction}]{2H} CH_3CH_2OH_{(\ell)}$$

أسيتالدهيد (إيثانال) — كحول إيثيلي (إيثانول)



عند إضافة 2mol من محلول البروم الأحمر المذاب في رابع كلوريد الكربون إلى 1mol من المركبات (2– بيوتاين ، بنتان ، 2– هكسين) فإن الاختيار الصحيح لما يحدث في لون المحلول هو .... (تجريبي ٢١)

الاختيار	2– بيوتاين	بنتان	2– هكسين
أ	يظل كما هو	يختفي اللون	يظل كما هو
ب	يظل كما هو	يظل كما هو	يختفي اللون
ج	يظل كما هو	يظل كما هو	يظل كما هو
د	يختفي اللون	يظل كما هو	يظل كما هو



Z ، Y ، X ثلاثة هيدروكربونات مفتوحة السلسلة، فإذا كان:

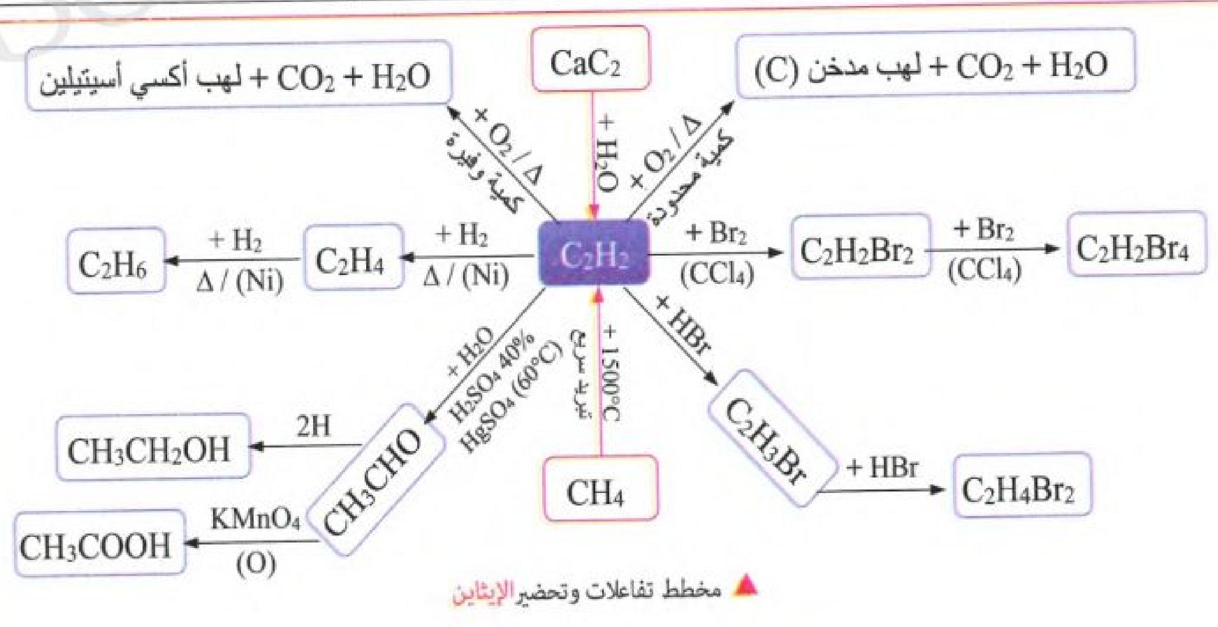
(X) يتفاعل بالإضافة على مرحلتين.

(Y) جميع روابطه من النوع سيجما القوية.

(Z) يزيل لون محلول برمنجنات البوتاسيوم في وسط قلوي.

أي من الاختيارات التالية يعد صحيحاً للتعبير عن المركبات X ، Y ، Z ؟ .... (تجريبي ٢١)

الاختيار	Z	Y	X
أ	ألكاين	ألكان	ألكين
ب	ألكان	ألكاين	ألكين
ج	ألكين	ألكان	ألكاين
د	ألكاين	ألكين	ألكان



▲ مخطط تفاعلات وتحضير الإيثاين

ثانيًا الهيدروكربونات الحلقية

1 الهيدروكربونات الحلقية المُشبعة

الألكانات الحلقية

الألكانات الحلقية

هيدروكربونات أليفاتية حلقية مشبعة، تحتوي جزيئاتها على ثلاث ذرات كربون فأكثر.

الصيغة العامة: (C_nH_{2n}) وهي نفس الصيغة العامة للألكينات الأليفاتية.

الألكانات الحلقية والألكينات التي تحتوي على نفس عدد ذرات الكربون من المتشابهات الجزيئية ...علل؟

لاتفاقهما في نفس الصيغة الجزيئية واختلافهما في الصيغة البنائية وبالتالي اختلافهما في الخواص الفيزيائية والخواص الكيميائية.

الأفراد الأولى من الألكانات الحلقية

لا تختلف تسميتها عن مثيلتها غير الحلقية سوى وضع **(سيكلو)** في المقدمة، أو **(حلقي)** في النهاية لتدل على التركيب الحلقي

اسم المركب بنظام الأيوباك	بروبان حلقي (سيكلو بروبان)	بيوتان حلقي (سيكلو بيوتان)	بنتان حلقي (سيكلو بنتان)	هكسان حلقي (سيكلو هكسان)
الصيغة البنائية	حلقة ثلاثية من ذرات C، كل منها مرتبطة بذرتي H	حلقة رباعية من ذرات C، كل منها مرتبطة بذرتي H	حلقة خماسية من ذرات C، كل منها مرتبطة بذرتي H	حلقة سداسية من ذرات C، كل منها مرتبطة بذرتي H
	(مثلث)	(مربع)	(خماسي)	(سداسي)
الصيغة الجزيئية	C_3H_6	C_4H_8	C_5H_{10}	C_6H_{12}
الزوايا بين الروابط	60°	90°	تقترب من 109.5°	



أوليفين عدد الذرات الكلية في الجزيء الواحد منه (18) ذرة، فإن عدد أيزومراته غير المتفرعة يكون .... (مصر أول ٢٢)

ⓐ 13

ⓑ 6

ⓒ 4

ⓓ 3



علل ...؟

① البروبان الحلقي والبيوتان الحلقي أكثر نشاطاً من البروبان والبيوتان العادي.

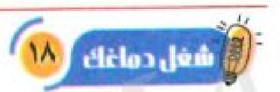
لأن الزوايا بين الروابط في البروبان الحلقي °60 وفي البيوتان الحلقي تساوي °90 وهي تقل عن الزوايا °109.5 الموجودة في الألكانات غير الحلقية مثل البروبان والبيوتان العادي وتؤدي هذه الزوايا الصغيرة إلى تداخل ضعيف بين الأوربيتالات الذرية، وبالتالي يكون الارتباط بين ذرات الكربون ضعيفاً في هذه المركبات لذا نجد أنها نشطة.

② السيكلو بنتان والسيكلو هكسان مركبان مستقران (ثابتان).

لأن الزوايا بين الروابط تقترب من °109.5 وبالتالي يكون التداخل بين الأوربيتالات قوياً وتكون روابط سيجما قوية.



البروبان الحلقي يكون مع الهواء خليط شديد الاحتراق بينما البروبان العادي أقل نشاطاً بكثير فاحتراقه يكون عادي مما يدل على أن البروبان الحلقي أكثر نشاطاً من البروبان العادي.



أي مما يلي صحيح بالنسبة للروابط سيجما A ، B ؟ ....

Ⓐ الرابطة (A) سهلة الكسر بينما الرابطة (B) صعبة الكسر.
Ⓑ الرابطة (A) صعبة الكسر بينما الرابطة (B) سهلة الكسر.
Ⓒ الرابطة (A) ، والرابطة (B) سهلة الكسر.
Ⓓ الرابطة (A) ، والرابطة (B) صعبة الكسر.

قواعد تسمية الألكانات الحلقية بنظام الإيوباك

خطوات تسمية الإيوباك	أمثلة	تسمية الإيوباك	
- ترقيم الحلقة مروراً بالاتجاه الذي يحدد موقع التفرعات بأقل الأرقام الممكنة.	حلقة بيوتان عليها CH_3 ، CH_3 ، CH_3	2،2،1– ثلاثي ميثيل بيوتان حلقي.	(×)
		2،1،1– ثلاثي ميثيل بيوتان حلقي.	(✓)
- تكتب الفروع حسب الترتيب الأبجدي لأسمائها اللاتينية بغض النظر عن أرقام موقعها وتنتهي باسم الألكان الحلقي.	حلقة هكسان عليها NO_2 ، Cl ، Br	3– برومو –5– كلورو –1– نيترو هكسان حلقي.	(×)
		1– برومو –3– كلورو –5– نيترو هكسان حلقي.	(✓)
- إذا تساوى مجموع أرقام الفروع نلجأ للأبجدية اللاتينية في الترقيم.	حلقة بنتان عليها Cl ، Cl ، CH_3 ، Br	1– برومو –2– ميثيل – 3،3– ثنائي كلورو بنتان حلقي.	(×)
		3– برومو – 1،1 – ثنائي كلورو –2– ميثيل بنتان حلقي.	(✓)

شغل دماغك ١٩

الاسم الكيميائي للمركب CH_3–(بنتان حلقي)–C_2H_5 بنظام الإيوباك .... (تجريبي ١٨)

Ⓐ 3– ميثيل –1– إيثيل بنتان حلقي.
Ⓑ 1– إيثيل –3– ميثيل بنتان حلقي.
Ⓒ 2– إيثيل – 4 – ميثيل بنتان حلقي.
Ⓓ 1– ميثيل – 4 – إيثيل بنتان حلقي.

ب الهيدروكربونات الحلقية غير المُشبعة

المركبات الأروماتية (العطرية)

ميز الكيميائيون القدماء بين نوعين من المركبات العضوية هما المركبات الأليفاتية والمركبات الأروماتية

	المركبات الأليفاتية (الدهنية)	المركبات الأروماتية (العطرية)
الاشتقاق	من الأحماض الدهنية.	من بعض الراتنجات وبعض المنتجات الطبيعية.
نسبة الهيدروچيـــن	بها نسبة عالية من الهيدروچين.	بها نسبة أقل من الهيدروچين.
أول أفـــرادها	الميثان CH_4	البنزين العطري C_6H_6



- تسمية المركبات الأروماتية بالمركبات العطرية ... علل؟

لأن لها روائح عطرية مميزة.

- بنزين السيارات هو الجازولين الذي يختلف تركيبه تماماً عن البنزين العطري.
- توجد المركبات العطرية في شكل حلقة بنزين واحدة أو حلقتين أو أكثر بمشتقاتهم العديدة.

أمثلة :



anthracene	naphthalene	benzene
الأنثراسين	النفثالين	البنزين العطري

الصيغة البنائية للبنزين العطري



استغرق التعرف على الصيغة البنائية للبنزين سنوات طويلة.

لأنه: (١) يتفاعل بالإضافة وبالإحلال.

(٢) طول الروابط بين ذرات الكربون وسط بين طول الرابطة الأحادية والمزدوجة، وغيرها من الخواص التي حيرت العلماء مدة طويلة.

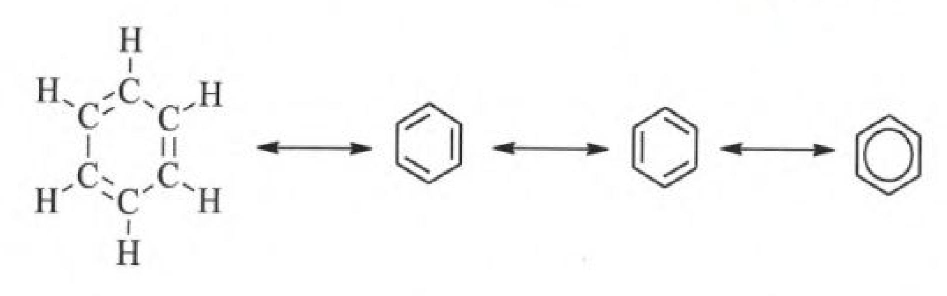
توصل العالم **(كيكولي Kekule)** عام 1965 إلى الشكل السداسي الحلقي المنتظم للبنزين.

معلومة إثرائية

طول الرابطة الأحادية (C – C)
1.54 Å

طول الرابطة الثنائية (C = C)
1.34 Å

طول الرابطة في حلقة البنزين
1.39 Å





تدل الحلقة داخل الشكل السداسي على عدم تمركز الإلكترونات الستة عند ذرات كربون معينة.



اكتب **الصيغة الجزيئية وعدد الروابط باي** في كل من المركبات الأروماتية التالية:






① ② ③ ④

فكرة الإجابة

في المركبات الأروماتية يمثل كل ركن في الحلقة ذرة كربون،
وكل كربون ترتبط بذرة هيدروچين ماعدا :
- ذرة الكربون المشتركة بين حلقتين أو ثلاثة.
- ذرة الكربون المرتبطة بأي فرع غير الهيدروچين.

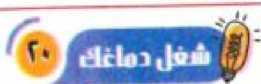
معلومة إثرائية

عدد الروابط باي (π) داخل حلقات البنزين في المركبات الأروماتية يساوي نصف عدد ذرات الكربون المكونة للحلقات مثل:

البنزين 3 روابط باي π
النفثالين 5 روابط باي π
الأنثراسين 7 روابط باي π
ثنائي الفينيل 6 روابط باي π

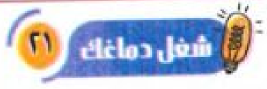
الإجابة

	①	②	③	④
الصيغة البنائية				
الصيغة الجزيئية	C_6H_6	$C_{10}H_8$	$C_{14}H_{10}$	$C_{20}H_{12}$
عدد الروابط باي π	3	5	7	10



ما الصيغة الجزيئية لمركب الفلورين ؟ ....

Ⓐ $C_{17}H_{22}$
Ⓑ $C_{16}H_{13}$
Ⓒ $C_{13}H_9$
Ⓓ $C_{13}H_{10}$



ما عدد الروابط باي في المركب التالي $C_6H_5CHCHC_6H_5$ ؟ ....

Ⓐ 1
Ⓑ 4
Ⓒ 6
Ⓓ 7

تسمية مشتقات البنزين العطري

❶ أحادية الإحلال

تسمى بذكر اسم الذرة أو المجموعة الداخلة مصحوباً بكلمة بنزين وتهاجم الذرة أو المجموعة الداخلة أي ذرة من الذرات الستة المتكافئة في الحلقة.



كلورو بنزين — نيترو بنزين — هيدروكسي بنزين (فينول) — ميثيل بنزين (طولوين)

شق (مجموعة) الآريل (-Ar) Aryl radical

الشق الناتج من نزع ذرة هيدروجين من المركب الأروماتي ويرمز له برمز (-Ar)

مثـال : شق الآريل الناتج من نزع ذرة H من جزيء البنزين يسمى **شق الفينيل Phenyl** (C_6H_5-)





2– فينيل بروبان — ثنائي الفينيل

تدريب ٢٧

قارن بين : ثنائي الفينيل والنفثالين «**من حيث** : الصيغة الجزيئية **و** البنائية لكل منهما».

الإجابة

وجه المقارنة	النفثالين	ثنائي الفينيل
الصيغة الجزيئية	$C_{10}H_8$	$C_{12}H_{10}$
الصيغة البنائية		

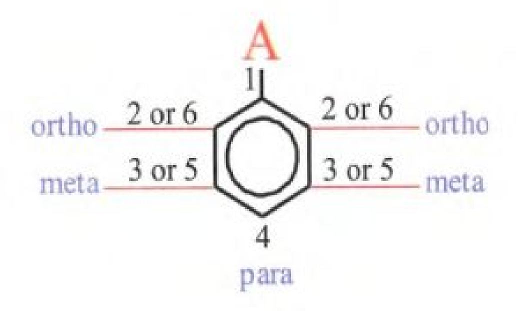
❷ ثنائية الإحلال

إذا كان البنزين ثنائي الإحلال فيوجد في ثلاثة متشابهات هي :

① أورثو (ortho) ويرمز لها بالرمز (-o) الموضعين (2 , 6)

② ميتا (meta) ويرمز لها بالرمز (-m) الموضعين (3 , 5)

③ بارا (para) ويرمز لها بالرمز (-p) الموضع (4)



وتتم التسمية طبقاً للقاعدة المبينة في الجدول التالي :

طريقة التسمية	أمثلة	التسمية	نوع التسمية
(١) التسمية الشائعة: (A في الموضع 1، Ortho، Meta، Para)	ortho-Cl, Br benzene	أورثو – بروموكلوروبنزين. أورثو – كلوروبروموبنزين.	شائعة
		1– برومو –2– كلوروبنزين.	إيوباك
(٢) تسمية الإيوباك: نضع للفرعين أقل أرقام ممكنة وتعطى الأرقام حسب الترتيب الهجائي.	$Cl-C_6H_4-NO_2$ (meta)	ميتا – كلورونيتروبنزين. ميتا – نيتروكلوروبنزين.	شائعة
		1– كلورو –3– نيتروبنزين.	إيوباك
	Cl, Cl (para)	بارا – ثنائي كلوروبنزين.	شائعة
		1 ، 4 – ثنائي كلورو بنزين.	إيوباك

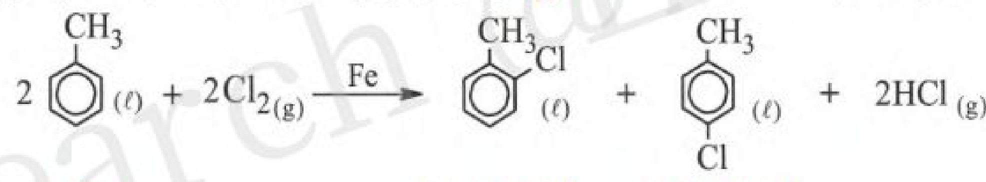
يعتمد نوع الناتج على طبيعة المجموعة أو الذرة التي استبدلت بذرة الهيدروچين الأولى **(A)**
وقد وجد أنها **تنقسم إلى نوعين :**

أولاً مجموعات توجه الاستبدال الثاني للموقعين أرثو وبارا معاً

وتشمل كل من :

(١) مجموعة الألكيل $(-R)$ مثل : الميثيل $(-CH_3)$ (٢) مجموعة الهيدروكسيل $(-OH)$

(٣) مجموعة الأمينو $(-NH_2)$ (٤) ذرة الهالوچين $[(-X) : -F , -Cl , -Br , -I]$



طولوين أورثو – كلوروطولوين بارا – كلوروطولوين

ثانياً مجموعات توجه الاستبدال الثاني للموقع ميتا

وتشمل كل من :

(١) مجموعة الألدهيد «الفورميل» $(-CHO)$ (٢) مجموعة الكيتون «الكربونيل» $(>C=O)$

(٣) مجموعة الكربوكسيل $(-COOH)$ (٤) مجموعة النيترو $(-NO_2)$

$$C_6H_5NO_{2(\ell)} + Cl_{2(g)} \xrightarrow{Fe} m\text{-}ClC_6H_4NO_{2(\ell)} + HCl_{(g)}$$

نيتروبنزين ميتا – كلورو نيتروبنزين

شغل دماغك ٢٢

عند كلورة حمض البنزويك C_6H_5-COOH يتكون ....

(أ) COOH / Cl (ميتا) (ب) Cl / COOH (أورثو) (ج) HOOC–C_6H_4–Cl (بارا) (د) HOOC Cl (أورثو)

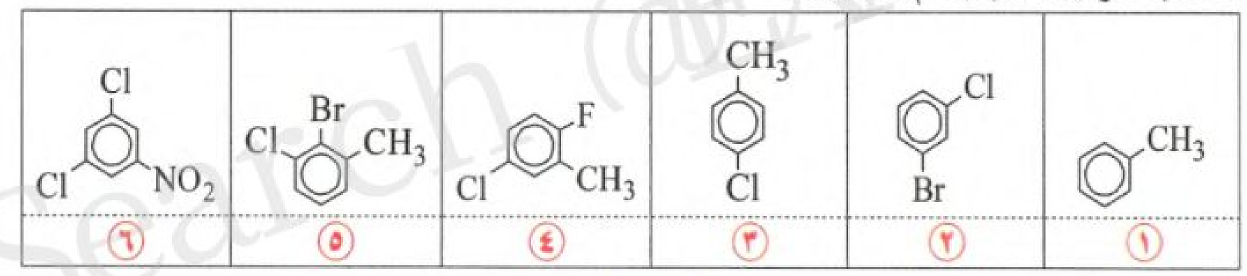
③ ثلاثية الإحلال

إذا كان البنزين ثلاثي الإحلال فلا يمكن استخدام التعبيرات أرثو وميتا وبارا ويلاحظ أن تسمية الأيوباك تأخذ بالتسمية عن طريق الأرقام فقط ويمكن أن نتبع القاعدة التالية :

خطوات تسمية الإيوباك	أمثلة	تسمية الإيوباك
– ترقيم الحلقة مروراً بالاتجاه الذي يحدد موقع التفرعات بأقل الأرقام الممكنة.	Cl (1)، NO_2 (2)، Br (4)	1– برومو – 4 – كلورو –3– نيترو بنزين. (✗)
		4 – برومو –1– كلورو –2– نيترو بنزين. (✓)
– تكتب الفروع حسب الترتيب الأبجدي لأسمائها اللاتينية بغض النظر عن الأرقام التي تحدد موقعها.	NO_2 (5)، O_2N (3)، CH_3 (1)	1، 3– ثنائي نيترو –5– ميثيل بنزين. (✗)
		1– ميثيل –5،3– ثنائي نيترو بنزين. (✓)
– إذا تساوى مجموع أرقام الفروع نلجأ للأبجدية اللاتينية في الترقيم.	F (3)، Br (2)، Cl (1)	2– برومو –3– كلورو –1– فلورو بنزين. (✗)
		2– برومو –1– كلورو –3– فلورو بنزين. (✓)



ما تسمية المركبات التالية بنظام IUPAC ؟



الإجابة

① ميثيل بنزين (طولوين).
② 1 – برومو – 3 – كلوروبنزين.
③ 1 – كلورو – 4 – ميثيل بنزين.
④ 4 – كلورو –1– فلورو – 2 – ميثيل بنزين.
⑤ 2 – برومو – 1 – كلورو – 3 – ميثيل بنزين.
⑥ 3،1 – ثنائي كلورو – 5 – نيتروبنزين.

شغل دماغك ٢٣

ما تسمية IUPAC للمركب (Br، Cl، F، Br على حلقة سداسية) ؟ ....

Ⓐ 4،1 – ثنائي برومو –2– كلورو –5– فلورو بنزين.

Ⓑ 4،1 – ثنائي برومو –2– فلورو –5– كلورو بنزين.

Ⓒ 4،1 – ثنائي برومو –2– فلورو –5– كلورو هكسان حلقي.

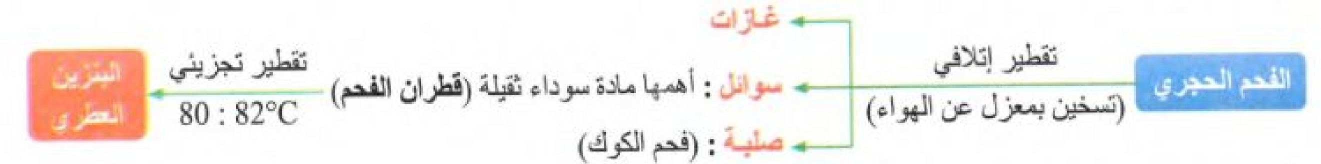
Ⓓ 4،1 – ثنائي برومو –2– كلورو –5– فلورو هكسان حلقي.

الدرس 7 البنزين العطري

تحضير البنزين العطري

أولًا تحضير البنزين العطري في الصناعة

١ من قطران الفحم



٢ من المشتقات البترولية الأليفاتية

نظرًا للطلب الكبير على البنزين العطري باعتباره مادة أولية مهمة في الصناعات الكيميائية أمكن الحصول عليه من المُشتقات البترولية الأليفاتية **بإحدى طريقتين :**

أ من الهكسان العادي (إعادة التشكيل المحفزة)

يمرر الهكسان العادي في درجة حرارة مرتفعة على عامل حفاز يحتوي على البلاتين.

$$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_{3\,(\ell)} \xrightarrow[Pt]{\Delta} C_6H_{6\,(\ell)} + 4H_{2\,(g)}$$

الهكسان العادي — البنزين العطري



اكتب المعادلة الكيميائية المتزنة التي تعبر عن إعادة التشكيل المحفزة للهبتان العادي ؟

الإجابة

$$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_{3\,(\ell)} \xrightarrow[Pt]{\Delta} C_6H_5CH_{3\,(\ell)} + 4H_{2\,(g)}$$

الهبتان العادي — الطولوين

ب بلمرة الإيثاين (البلمرة الحلقية)

إمرار الإيثاين (الأسيتيلين) في أنبوبة من النيكل مُسخنة لدرجة الاحمرار.

$$3\,C_2H_{2\,(g)} \xrightarrow[\text{Ni tube}]{\text{Red hot}} C_6H_{6\,(\ell)}$$

الإيثاين (الأستيلين) — البنزين العطري



وضح بالمعادلات الحصول على أول أفراد المركبات الأروماتية (البنزين) من أول أفراد المركبات الأليفاتية (الميثان)؟

إرشاد الإجابة

ميثان ⟵ إيثاين ⟵ بنزين عطري.



عمليات التقطير الجاف ثم التسخين والتبريد السريع ثم البلمرة تستخدم في تحويل ....

(أ) أسيتات صوديوم إلى بنزين.

(ب) بنزوات صوديوم إلى بنزين.

(ج) أسيتات صوديوم إلى حمض أسيتيك.

(د) بنزوات صوديوم إلى طولوين.

③ من الفينـول

إمرار بخار الفينول على مسحوق الزنك الساخن الذي يختزل الفينول إلى البنزين.

$$C_6H_5OH_{(v)} + Zn_{(s)} \xrightarrow[\Delta]{\text{Reduction}} C_6H_6{}_{(\ell)} + ZnO_{(s)}$$

الفينول — خارصين — البنزين العطري

ثانيًا تحضير البنزين العطري في المختبر

يحضر البنزين نقيًا في المختبر من التقطير الجاف لملح بنزوات الصوديوم مع الجير الصودي.

بنفس طريقة تفاعل تحضير الميثان في المعمل.

$$C_6H_5COONa_{(s)} + NaOH_{(s)} \xrightarrow[\Delta]{CaO} C_6H_6{}_{(\ell)} + Na_2CO_3{}_{(s)}$$

بنزوات الصوديوم — البنزين العطري

شغل دماغك ٢٥

ما ناتج التقطير الجاف لمركب 2– ميثيل بنزوات الصوديوم (COONa, CH_3) في وجود الجير الصودي؟ ....

(أ) بنزوات الصوديوم.

(ب) الطولوين.

(ج) البنزين العطري.

(د) ميثيل هكسان حلقي.

الخـواص العامـة للبنزين العطري

الخواص الفيزيائية

(١) سائل شفاف.

(٢) لا يمتزج بالماء.

(٣) له رائحة مميزة.

(٤) يغلي عند 80°C



الخواص الكيميائية

١ الاحتراق

يحترق البنزين في وجود وفرة من الأكسچين ليتكون غاز ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء وطاقة حرارية.

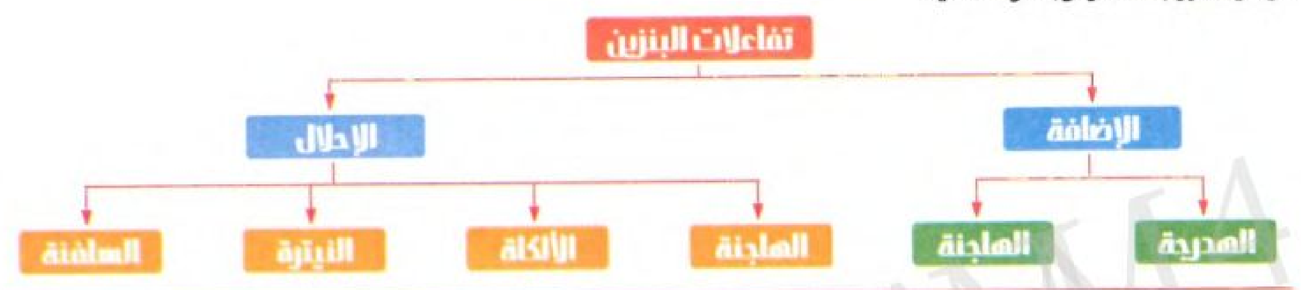
$$C_6H_{6(\ell)} + \frac{15}{2}O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 6CO_{2(g)} + 3H_2O_{(v)} + Heat$$

يشتعل البنزين في الهواء الجوي مصحوبًا بدخان أسود ... علل؟

لأنه يحتوي على نسبة كبيرة من الكربون لا يكفي أكسچين الهواء لحرقها حرقًا تامًا.

يتفاعل البنزين بنوعين من التفاعلات هما الإضافة والإحلال ... علل؟

لوجود الروابط المزدوجة والأحادية.



٢ تفاعلات الإضافة

تفاعلات الإضافة في البنزين كثيرة وأشهرها **تفاعلين** هما :

(أ) إضافة الهيدروچين (الهدرجة). (ب) إضافة الهالوچين (الهلجنة).

بالرغم من احتواء جزيء البنزين على روابط مزدوجة إلا أن تفاعلات الإضافة في البنزين صعبة، ولا تحدث إلا تحت ظروف خاصة ... علل؟

لعدم تمركز الإلكترونات الستة عند ذرات كربون معينة.

١ إضافة الهيدروچين (الهدرجة)

يتفاعل البنزين مع الهيدروچين بالضغط والحرارة وفي وجود عامل حفاز لينتج الهكسان الحلقي.

$$C_6H_{6(\ell)} + 3H_{2(g)} \xrightarrow[\text{Catalyst}]{\text{Heat - Pressure}} C_6H_{12(\ell)}$$

بنزين عطري — هكسان حلقي



وضح بالمعادلات الرمزية المتزنة كيف تحصل على ... ؟

(١) الهكسان الحلقي من الهكسان العادي. (٢) مركب أروماتي من أليفاتي والعكس.

الإجابة

(١)، (٢) نفس الإجابة، لاحظ أنه يوجد إجابات أخرى صحيحة لرقم (٢)

$$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_{3(\ell)} \xrightarrow[\text{Pt}]{\Delta} C_6H_{6(\ell)} + 4H_{2(g)}$$

$$C_6H_{6(\ell)} + 3H_{2(g)} \xrightarrow[\text{Catalyst}]{\text{Heat - Pressure}} C_6H_{12(\ell)}$$



للحصول على ألكان حلقي من كربيد الكالسيوم نتبع الخطوات الآتية .... (تجريبي ٢١)

(أ) التفاعل مع الماء / بلمرة / هدرجة.

(ب) هدرجة / بلمرة / التفاعل مع الماء.

(ج) التفاعل مع الماء / هدرجة / بلمرة.

(د) هدرجة / التفاعل مع الماء / بلمرة

ب إضافة الهالوجينات (الهلجنة بالإضافة)

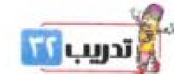
مثال: يتفاعل البنزين مع الكلور في ضوء الشمس (UV) ويتكون المبيد الحشري المعروف بـ **(الجامكسان)** أو سداسي كلوروهكسان حلقي $C_6H_6Cl_6$

$$C_6H_{6(\ell)} + 3Cl_{2(g)} \xrightarrow{UV} C_6H_6Cl_{6(\ell)}$$

بنزين عطري — سداسي كلورو هكسان حلقي (جامكسان)



البنزين العطري لا يزيل لون البروم المذاب في رابع كلوريد الكربون لصعوبة كسر الرابطة باي (π) في البنزين لعدم تمركز الإلكترونات الستة عند ذرات كربون معينة.



وضح بالمعادلات الرمزية المتزنة كيف تحصل على مبيد حشري من الفينول ؟

الإجابة

$$C_6H_5OH_{(v)} + Zn_{(s)} \xrightarrow[\Delta]{Reduction} C_6H_{6(\ell)} + ZnO_{(s)}$$

$$C_6H_{6(\ell)} + 3Cl_{2(g)} \xrightarrow{UV} C_6H_6Cl_{6(\ell)}$$

٣ تفاعلات الإحلال

تعتبر تفاعلات الإحلال هي التفاعلات المهمة للبنزين ...علل؟

لأنه ينتج عنها مركبات عديدة لها أهمية اقتصادية كبيرة.

تفاعلات الإحلال في البنزين كثيرة وأشهرها **أربعة تفاعلات** هي :

(أ) إحلال ذرة الهالوجين محل هيدروجين البنزين **(الهلجنة)**.

(ب) إحلال مجموعة الألكيل محل هيدروجين البنزين **(الألكلة)**.

(جـ) إحلال مجموعة النيترو محل هيدروجين البنزين **(النيترة)**.

(د) إحلال مجموعة السلفونيك محل هيدروجين البنزين **(السلفنة)**.



أ الهلجنة بالإحلال

يمكن استبدال ذرة أو أكثر من ذرات هيدروچين حلقة البنزين بذرات هالوچين في وجود عامل حفاز مناسب

(١) كلورو بنزين : يتفاعل البنزين مع الكلور في وجود كلوريد الحديد III كعامل حفاز معطيًا الكلوروبنزين.

$$C_6H_{6(\ell)} + Cl_{2(g)} \xrightarrow[UV]{FeCl_3} C_6H_5Cl_{(\ell)} + HCl_{(g)}$$

بنزين عطري — كلوروبنزين

(٢) مبيد حشري (DDT) :

تنتج هاليدات الآريل بكميات كبيرة لاستخدامها كمبيدات حشرية ولعل أكثرها استخدامًا مبيد (**DDT**) المعروف.

وهو مركب **ثنائي** كلورو **ثنائي** فينيل **ثلاثي** كلورو إيثان.

(**Di** chloro **Di** phenyl **Tri** chloro ethane)



الصيغة البنائية للاطلاع فقط

علل ...؟

(١) المبيد الحشري (DDT) شديد السُمية.

بسبب الجزء $>CH - CCl_3$ من الجزيء يذوب في النسيج الدهني للحشرة فيقتلها.

(٢) وصف مركب (DDT) بأنه أقبح مركب كيميائي.

بسبب المشاكل البيئية المترتبة على استخدامه.

ب الألكلة (تفاعل فريدل - كرافت)

تفاعل البنزين مع هاليدات الألكيل (RX) فتحل مجموعة الألكيل محل ذرة هيدروچين في حلقة البنزين ويتكون ألكيل بنزين.

يتم هذا التفاعل في وجود مادة حفازة مثل كلوريد الألومنيوم اللامائي (anhydrous)

$$C_6H_{6(\ell)} + CH_3Cl_{(g)} \xrightarrow[(anhydrous)]{AlCl_3} C_6H_5CH_{3(\ell)} + HCl_{(g)}$$

بنزين عطري — ميثيل بنزين (طولوين)



يمكن تحضير مركب أروماتي صيغته الجزيئية C_8H_{10} من .... (تجريبي ٢١)

(أ) تفاعل كلوريد الإيثيل مع البنزين في وجود كلوريد الألومنيوم اللامائي.

(ب) تفاعل كلوريد الميثيل مع البنزين في وجود كلوريد الألومنيوم اللامائي.

(ج) تسخين الهبتان في وجود البلاتين.

(د) تسخين الهكسان في وجود البلاتين.

ج النيترة

تفاعل البنزين مع حمض النيتريك (HNO_3) في وجود حمض الكبريتيك المركز، فتحل مجموعة النيترو ($-NO_2$) محل ذرة هيدروجين في حلقة البنزين.

$$C_6H_{6(\ell)} + HO-NO_{2(\ell)} \xrightarrow[50\,°C]{H_2SO_4\ conc} C_6H_5NO_{2(\ell)} + H_2O_{(v)}$$

بنزين عطري — نيتروبنزين

نيترة الطولوين

ومن مركبات النيترو العضوية المتفجرة التي أنتج منها ملايين الأطنان خلال الحرب العالمية الثانية ومازال إنتاجها مستمرًا مادة T.N.T وهي ثلاثي نيترو الطولوين Tri Nitro Toluene

وتحضر بتفاعل خليط النيترة **(حمض النيتريك وحمض الكبريتيك المركزين بنسبة 1:1)** مع الطولوين.

$$C_6H_5CH_{3(\ell)} + 3HO-NO_{2(\ell)} \xrightarrow[conc\ /\ \Delta]{H_2SO_4} CH_3C_6H_2(NO_2)_{3(s)} + 3H_2O_{(v)}$$

ميثيل بنزين (طولوين) — ثلاثي نيترو طولوين (TNT)

علل ...؟

مركبات عديد النيترو العضوية مثل TNT مواد شديدة الانفجار.

وذلك لأنها تحترق بسرعة وتنتج كمية كبيرة من الحرارة والغازات **للأسباب التالية:**

① جزيئاتها تحتوي على وقودها الذاتي وهو الكربون، والمادة المؤكسدة وهي الأكسجين.

② ضعف الرابطة المنكسرة (N – O) في مجموعة النيترو بالنسبة للرابطتين المتكونتين (C – O) في ثاني أكسيد الكربون، والرابطة (N – N) في جزيء النيتروجين.

الرابطة	الطاقة (kJ/mol)
N – O	201
C – O	358
N – N	941



كيف تحصل على مادة متفجرة TNT من الهبتان العادي ؟

الإجابة

$$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_{3(\ell)} \xrightarrow[Pt]{\Delta} C_6H_5CH_{3(\ell)} + 4H_{2(g)}$$

$$C_6H_5CH_{3(\ell)} + 3HO-NO_{2(\ell)} \xrightarrow[conc\ /\ \Delta]{H_2SO_4} CH_3C_6H_2(NO_2)_{3(s)} + 3H_2O_{(v)}$$





مبتدئًا بالبنزين كيف تحصل على كل من ... ؟

(١) خليط من أرثو وبارا – نيتروكلوروبنزين.

(٢) ميتا – كلورونيتروبنزين.

الإجابة

(1) $C_6H_{6(\ell)} + Cl_{2(g)} \xrightarrow[UV]{FeCl_3} C_6H_5Cl_{(\ell)} + HCl_{(g)}$

$2\,C_6H_5Cl_{(\ell)} + 2\,HO{-}NO_{2(\ell)} \xrightarrow[conc]{H_2SO_4}$ o-$ClC_6H_4NO_{2(\ell)}$ + p-$ClC_6H_4NO_{2(\ell)} + 2H_2O_{(\ell)}$

(2) $C_6H_{6(\ell)} + HO{-}NO_{2(\ell)} \xrightarrow[50\ ^\circ C]{H_2SO_4\ conc} C_6H_5NO_{2(\ell)} + H_2O_{(v)}$

$C_6H_5NO_{2(\ell)} + Cl_{2(g)} \xrightarrow{Fe}$ m-$ClC_6H_4NO_{2(\ell)} + HCl_{(g)}$

د السلفنة

هي إدخال مجموعة حمض السلفونيك ($-SO_3H$) محل ذرة هيدروجين في حلقة البنزين.

وتتم عملية السلفنة بتفاعل البنزين العطري مع حمض الكبريتيك المركز فيتكون حمض بنزين السلفونيك.

$$C_6H_{6(\ell)} + HO{-}SO_3H_{(\ell)} \xrightarrow{conc} C_6H_5SO_3H_{(\ell)} + H_2O_{(\ell)}$$

بنزين عطري — حمض بنزين السلفونيك

المنظفات الصناعية

هي مواد تقوم صناعتها أساسًا على مركبات حمض السلفونيك الأروماتية بعد معالجتها بالصودا الكاوية لنحصل على الملح الصوديومي القابل للذوبان في الماء.

$$R{-}C_6H_4{-}SO_3H_{(\ell)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow R{-}C_6H_4{-}SO_3^-Na^+_{(aq)} + H_2O_{(\ell)}$$

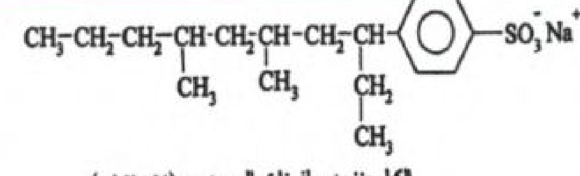
ألكيل حمض بنزين السلفونيك — الملح الصوديومي لألكيل حمض بنزين السلفونيك (المنظف الصناعي)

مكونات المنظفات الصناعية

(١) **الذيـل** : وهو عبارة عن السلسلة الكربونية الطويلة وهي **كارهة للماء**

(٢) **الرأس** : وهو عبارة عن مجموعة متأينة وهي **محبة للماء**

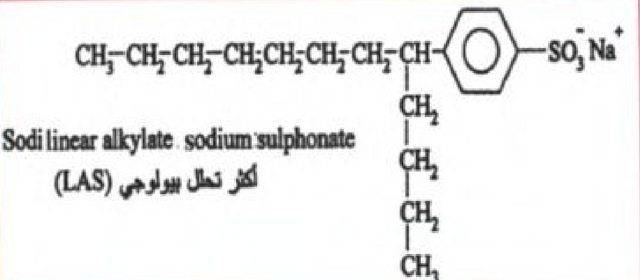




ألكيل بنزين سلفونات الصوديوم (المنظف)

Sodialkyl benzene Sodium sulphonate (ABS) (للإيضاح فقط)

لا يتحلل بيولوجيا بسهولة



Sodi linear alkylate sodium sulphonate

(LAS) أكثر تحلل بيولوجي

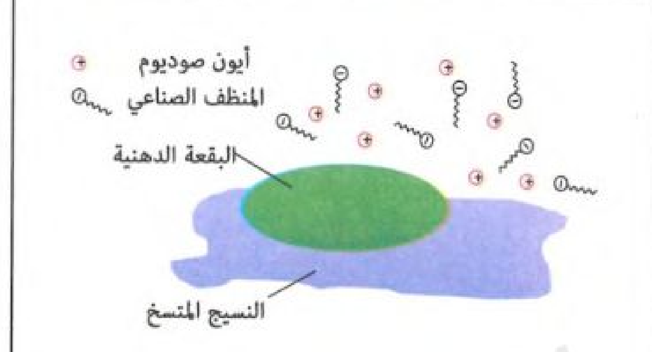
للإيضاح فقط

كيفية عمل المنظفات الصناعية

لا يصلح الماء في إزالة البقع الدهنية من على الأنسجة وتستخدم المنظفات الصناعية بدلًا منها ... علل؟

لأن البقع الدهنية من المواد العضوية بينما الماء مذيب قطبي ولكن المنظف الصناعي له القدرة على إزالة البقع الدهنية.

وفيما يلي نوضح دور المنظف الصناعي في عملية التنظيف :



① إضافة المنظف الصناعي إلى الماء تزيد من قدرته على تندية (بلل الأنسجة الموضوعة فيه ... علل؟

لأنها تقلل من توتره السطحي.

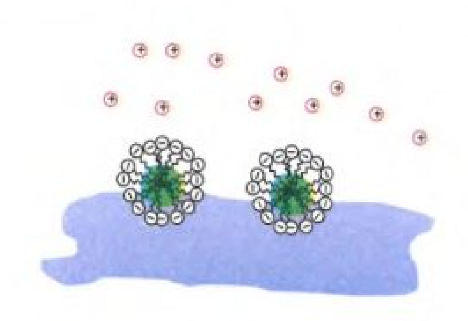
الرأس المحب للماء

الذيل الكاره للماء

② ترتب جزيئات المنظف نفسها بحيث يتجه :

- الذيل الكاره للماء من كل جزيء ناحية البقع الدهنية ويلتصق بها.
- الرأس المحب للماء نحو الماء.

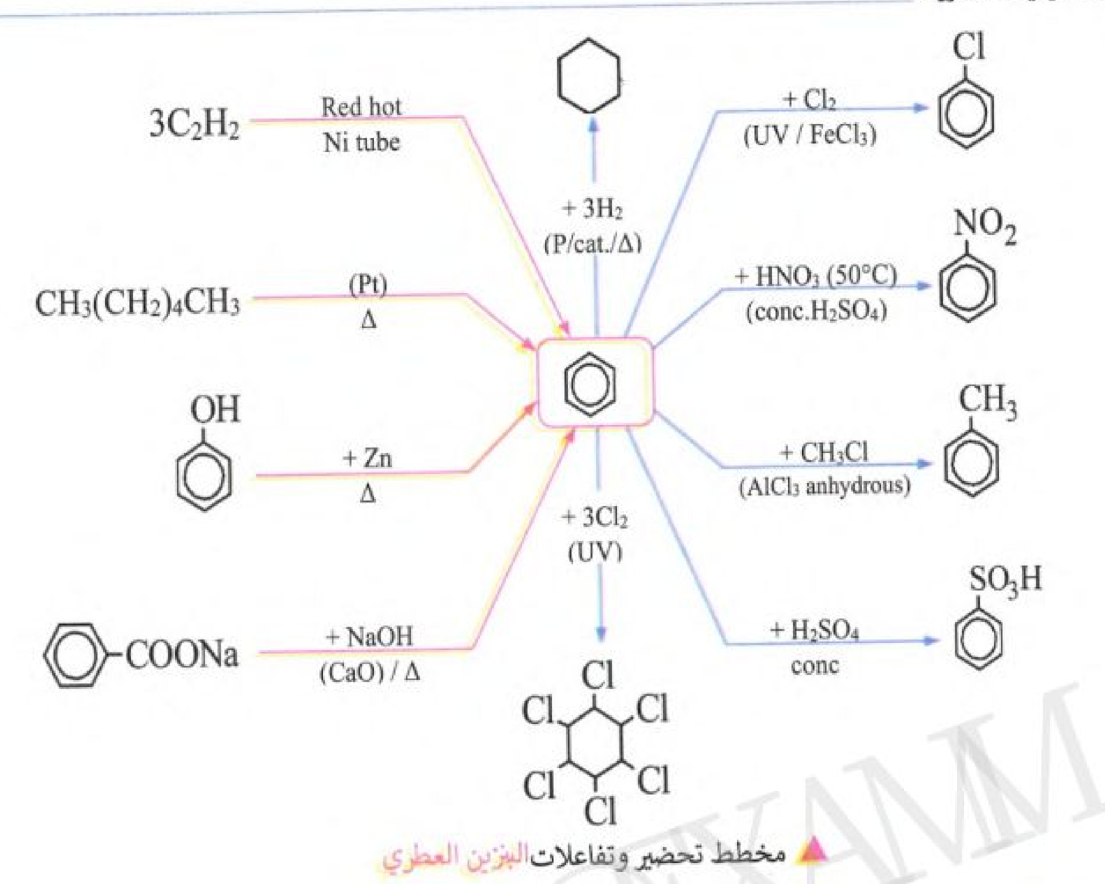
وبذلك تتغطى البقعة الدهنية بجزيئات المنظف.



③ يؤدي الاحتكاك الميكانيكي أثناء عملية الغسيل على طرد القاذورات وتكسيرها إلى كرات صغيرة.

④ تنفصل الكرات نتيجة للتنافر الحادث بين رؤوس جزيئات المنظف (متشابهة الشحنة) وتتعلق في الماء على هيئة مستحلب ويتم التخلص منها بعملية الشطف.





▲ مخطط تحضير وتفاعلات البنزين العطري

تدريب ٣٥

اكتب المعادلات الدالة على التفاعلات الموجودة بالمخطط السابق.

امتحان 5 الهيدروكربونات

30

أولًا الأسئلة الموضوعية (الاختيار من متعدد) "كل سؤال درجة واحدة"

١ المركبات التي يمكن أن تكون متشابهة في الحالة الفيزيائية والخواص الكيميائية هي .... (مصر ثان ٢١)

أ) $C_{18}H_{38}$ ، C_8H_{18}
ب) $C_{18}H_{38}$ ، $C_{20}H_{42}$
ج) C_8H_{16} ، C_3H_4
د) $C_{16}H_{32}$ ، C_3H_6

٢ ما اسم IUPAC للمركب الذي أمامك ؟ .... (مصر أول ٢٣)

$$\begin{array}{c} C_2H_5 \\ | \\ CH_3-CH-C_2H_3 \end{array}$$

أ) 3– ميثيل –1– بنتين.
ب) 2– ميثيل بيوتان.
ج) 2– إيثيل بيوتان.
د) 3– ميثيل – 4 – بنتين.

٣ عند احتراق مول من ألكان (X) وألكين (Y) احتراقًا تامًا كل على حده،
فإن عدد مولات بخار الماء الناتج من (X) و (Y) .... [علمًا بأن n عدد ذرات الكربون] (مصر أول ٢١)

أ) من X $(n+1)$ ، من Y (n)
ب) من X $(n-1)$ ، من Y $(n+1)$
ج) من X $\frac{(3n+1)}{2}$ ، من Y $\frac{(3n)}{2}$
د) من X $(3n+1)$ ، من Y $(3n)$

٤ يعتبر تفاعل غاز الإيثين مع محلول برمنجنات البوتاسيوم في وسط قلوي .... (مصر ثان ٢٢)

أ) أكسدة واختزال ولا يعتبر التفاعل كشف عن الرابطة المزدوجة.
ب) أكسدة واختزال ويعتبر التفاعل كشف عن الرابطة المزدوجة.
ج) أكسدة فقط ويعتبر التفاعل كشف عن الرابطة المزدوجة.
د) أكسدة فقط ولا يعتبر التفاعل كشف عن الرابطة المزدوجة.

٥ التسمية الصحيحة للمركب التالي حسب الإيوباك هي .... (مصر ثان ٢٣)

$$\begin{array}{c} C_2H \\ | \\ CH_3-CH_2-CH-CH_2-CH_3 \end{array}$$

أ) 3– ميثيل –1– بنتين.
ب) 3– إيثيل –1– بنتاين.
ج) 3– ميثيل بنتان.
د) 3– إيثيل –1– بنتين.

٦ عدد متشكلات ألكاين يتكون من ثلاث ذرات كربون وذرة بروم وذرة كلور يساوي .... (تجريبي ٢٣)

أ) 5
ب) 2
ج) 4
د) 3

٧ عند إجراء عملية نيترة للمركب الناتج من إعادة التشكيل المُحفزة للهبتان العادي يتكون .... (مصر أول ٢١)

أ) مُبيد حشري.
ب) مُنظف صناعي.
ج) مادة مُتفجرة وصيغتها الجزيئية $C_6H_3N_3O_7$
د) مادة مُتفجرة وصيغتها الجزيئية $C_7H_5N_3O_6$

⑧ من التفاعلات التالية:

$C_2H_6 \xrightarrow{\text{وفرة من } HCl} A$

$C_2H_4 \xrightarrow{\text{وفرة من } HCl} B$

$C_2H_2 \xrightarrow{\text{وفرة من } HCl} C$

فإن ترتيب الكتلة المولية للمركبات العضوية الناتجة (A) ، (B) ، (C) هو .... (تجريبي ٢٣)

Ⓐ $C > B > A$ Ⓑ $A > C > B$ Ⓒ $A > B > C$ Ⓓ $B > C > A$

⑨ يمكن تحضير المونومر اللازم للحصول على البوليمر المستخدم في صناعة عوازل الأرضيات من تفاعل .... (مصر ثان ٢٣)

Ⓐ الإيثاين مع Cl_2 Ⓑ الإيثاين مع HCl Ⓒ الإيثين مع HCl Ⓓ الإيثين مع Cl_2

⑩ العمليات التي تؤدي إلى الحصول على حمض أسيتيك من أسيتات الصوديوم في الظروف المناسبة هي .... (مصر أول ٢٢)

Ⓐ تسخين شديد ثم تبريد سريع – احتراق – هيدرة حفزية – اختزال.

Ⓑ تقطير جاف – تسخين شديد ثم تبريد سريع – هيدرة حفزية – أكسدة.

Ⓒ تقطير جاف – هيدرة حفزية – اختزال.

Ⓓ تسخين شديد – هيدرة حفزية – أكسدة.

⑪ المركبات التي يمكن أن تنطبق عليها قاعدة ماركونيكوف هي .... (مصر أول ٢٢)

Ⓐ $CH_3CHCHCH_3$, CH_3CCCH_3

Ⓑ $CH_2CHCH_2CH_3$, CH_3CCCH_3

Ⓒ $CH_3(CH_2)_2CH_3$, $(CH_3)_2CCH_2$

Ⓓ CH_3CCCH_3 , $(CH_3)_2CHCH_3$

⑫ الجدول التالي يوضح الصيغ الجزيئية للمادتين (X) ، (Y)

Y	X
C_4H_6	$C_2H_2Br_2$

فعند إضافة مول من البروم المذاب في رابع كلوريد الكربون إلى مول من كل من المادتين (X) ، (Y) على حده، فأي مما يلي صحيحًا؟ .... (مصر أول ٢١)

Ⓐ يزول لون البروم مع (X) ولا يزول مع (Y)

Ⓑ لا يزول لون البروم مع (X) ولا يزول مع (Y)

Ⓒ يزول لون البروم مع (X) ويزول مع (Y)

Ⓓ لا يزول لون البروم مع (X) ويزول مع (Y)

⑬ عدد مولات غاز الهيدروجين اللازم إضافتها إلى 2 mol من مركب فينيل أسيتيلين لتشبعه تساوي .... (تجريبي ٢٣)

Ⓐ 5 mol Ⓑ 10 mol Ⓒ 4 mol Ⓓ 6 mol

⑭ A ، B هيدروكربونات أليفاتية غير مُشبعة لا تنتمي لنفس السلسلة المتجانسة، عند إضافة ماء البروم إلى كلٍّ منها على حدة، فإن المركبات الناتجة قد تكون .... (مصر ثان ٢٣)

Ⓐ C_2H_5Br ، $C_2H_2Br_2$ Ⓑ C_2H_5Br ، C_2H_3Br

Ⓒ $C_2H_4Br_2$ ، $C_2H_2Br_2$ Ⓓ $C_2H_4Br_2$ ، C_2H_3Br

⑮ **بالاستعانة بالجدول الآتي:**

D	C	B	A
$C_{10}H_{22}$	C_4H_8	$C_{10}H_8$	C_3H_4

فإن الاختيار الصحيح الذي يُعبر عن المواد A ، B ، C ، D هو .... (مصر ثان ٢٢)

(أ) A أروماتي ، B ألكاين ، C ألكين ، D ألكان.
(ب) A ألكاين ، B أروماتي ، C ألكان ، D ألكين.
(ج) A ألكاين ، B أروماتي ، C ألكين ، D ألكان.
(د) A ألكان حلقي ، B أروماتي ، C ألكان ، D ألكان.

---

⑯ عند نيترة البنزالدهيد (CHO) ، فإن الناتج يكون .... (مصر أول ٢٣)

(أ) أورثو نيترو بنزالدهيد.
(ب) بارا نيترو بنزالدهيد.
(ج) ميتا نيترو بنزالدهيد.
(د) خليط من أورثو وبارا نيترو بنزالدهيد.

ثانيًا الأسئلة الموضوعية (الاختيار من متعدد) "كل سؤال درجتان"

⑰ الترتيب الصحيح للعمليات الكيميائية التي تستخدم لتحويل ألكان مكون من 5 ذرات إلى مبيد حشري يتكون من 18 ذرة هي .... (تجريبي ٢٣)

(أ) تسخين شديد مع تبريد سريع / هلجنة / بلمرة.
(ب) بلمرة / هلجنة / تسخين شديد مع تبريد سريع.
(ج) تسخين شديد مع تبريد سريع / بلمرة / هلجنة.
(د) هلجنة / تسخين شديد مع تبريد سريع / بلمرة.

---

⑱ **من المخطط التالي:**

هبتان ← (إعادة تشكيل) ← X ← (هدرجة) ← Y

أي الاختيارات الآتية صحيحة بالنسبة لـ X ، Y ؟ .... (مصر ثان ٢٣)

(أ) X ، Y يتفاعل بالإضافة.
(ب) X ، Y يتفاعل بالاستبدال.
(ج) Y يتفاعل بالإضافة فقط.
(د) X يتفاعل بالاستبدال فقط.

---

⑲ **من المخطط التالي:**

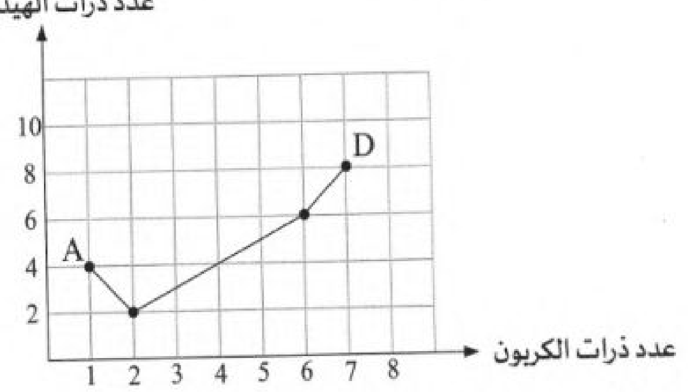
C_3H_6 → (+ HX) → (A) → ($AlCl_3$ anhydrous, + C_6H_6) → (B)

فإن كلًا من (A) ، (B) هما .... (مصر أول ٢٣)

(أ) (A) : كلوريد بروبيل ثانوي ، (B) : 1– فينيل بروبان.
(ب) (A) : بروميد بروبيل أولي ، (B) : 1– فينيل بروبان.
(ج) (A) : كلوريد بروبيل ثانوي ، (B) : 2– فينيل بروبان.
(د) (A) : بروميد بروبيل أولي ، (B) : 2– فينيل بروبان.

٢٠ بعد دراسة الرسم البياني التالي:

الذي يوضح العلاقة بين عدد ذرات الكربون وعدد ذرات الهيدروجين لبعض الهيدروكربونات



فإن العمليات المستخدمة للحصول على المركب (D) من المركب (A) هي .... (مصر ثان ٢٣)

ⓐ تسخين شديد ثم تبريد سريع – ألكلة – بلمرة.

ⓑ تسخين شديد ثم تبريد سريع – بلمرة – ألكلة.

ⓒ بلمرة – ألكلة – تسخين شديد ثم تبريد سريع.

ⓓ بلمرة – تسخين شديد ثم تبريد سريع – ألكلة.

---

٢١ كُلٌّ من الخطوات الآتية يتم إجراؤها لتحويل مركب صيغته العامة C_nH_{2n+2} إلى مركب صيغته العامة C_nH_{2n} **ماعدا** .... (مصر أول ٢٣)

ⓐ تسخين شديد وتبريد سريع – بلمرة – هدرجة.

ⓑ إعادة تشكيل – ألكلة – هدرجة.

ⓒ هلجنة – تحلل قاعدي – نزع ماء.

ⓓ تسخين شديد وتبريد سريع – هيدرة حفزية – اختزال.

---

٢٢ من المخطط الآتي:

C_nH_nO —اختزال→ C_nH_n —(1)→ (A) C_nH_{2n}

فإن العملية (1) ، والمركب (A) هما .... (تجريبي ٢٣)

ⓐ (1) بلمرة ، (A) هكسان حلقي.

ⓑ (1) هدرجة ، (A) هكسان حلقي.

ⓒ (1) هدرجة ، (A) هكسين.

ⓓ (1) بلمرة ، (A) هكسين.

ثالثًا الأسئلة المقالية (يتم الإجابة عليها بورقة الإجابة المخصصة لها) "كل سؤال درجتان"

٢٣ ⓐ ما عدد مجموعات الميثيلين في إيثيل بيوتين ؟ (مصر أول ٢١)

....

....

ⓑ تفاعل 1 mol من الإيثين مع وفرة من الكلور، ما عدد مولات الكلور اللازمة للحصول على مركب هالوجيني لا يحتوي على هيدروجين (في الظروف التي تناسب هذه التفاعلات) (مصر ثان ٢١)

....

....

انتهت الأسئلة

ثانيًا مُشتقات الهيدروكربونات

اعتمد تصنيف المركبات العضوية في الماضي على خواصها الفيزيائية مثل الرائحة والطعم وبعض خواصها الكيميائية ومع تقدم طرق التحليل الكيميائي وجد أن الخواص الفيزيائية والكيميائية للمركبات تعزى إلى وجود مجموعات معينة تسمى المجموعات الوظيفية.

المجموعات الوظيفية (الفعالة)

عبارة عن ذرة أو مجموعة من الذرات مرتبطة بشكل معين وتكون ركنًا من جزيء المركب ولكن فاعليتها (وظيفتها) تتغلب على خواص الجزيء بأكمله.

وقد صنفت المركبات العضوية إلى مجموعات يختص بكل منها مجموعة وظيفية معينة ويبين الجدول التالي أقسام المركبات العضوية والمجموعات الوظيفية المميزة لكل قسم.

القسم	الصيغة العامة	المجموعة الوظيفية	مثـــال
الكحولات	$R-OH$	$-OH$ الهيدروكسيل	CH_3-OH كحول ميثيلي (ميثانول)
الفينولات	$Ar-OH$	$-OH$ الهيدروكسيل	C_6H_5-OH الفينول
الإثيرات	$R-O-R$	$-O-$ الإثيرية	CH_3-O-CH_3 إثير ثنائي الميثيل
الألدهيدات	$R-\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}-H$	$-\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}-H$ الفورميل	$CH_3-\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}-H$ أسيتالدهيد
الكيتونات	$R-\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}-R$	$-\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}-$ الكربونيل	$CH_3-\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}-CH_3$ أسيتون
الأحمـاض الكربوكسيلية	$R-\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}-OH$	$-\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}-OH$ الكربوكسيل	$CH_3-\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}-OH$ حمض الأسيتيك
الأسترات	$R-\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}-OR$	$-\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}-OR$ الإستر	$CH_3-\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}-OC_2H_5$ إستر أسيتات الإيثيل
الأمينات	$R-NH_2$	$-NH_2$ الأمين (أمينو)	$C_2H_5-NH_2$ إيثيل أمين



الكحـولات والفينـولات

مقارنة بين الكحولات والفينولات

وجه المقارنة	الكحـولات	الفينـولات
التعريف	مركبات عضـوية تحتوي جزيئاتها على مجموعة أو أكثر من مجموعات الهيدروكسـيل المتصـلة بمجموعة ألكيل (R–)	مركبات عضـوية تحتوي جزيئاتها على مجموعة أو أكثر من مجموعات الهيدروكسـيل المتصـلة بمجموعة آريل (Ar–)
الصيغة العامة	R – OH	Ar – OH
مثـال	CH_3-OH الكحول الميثيلي	⌬–OH حمض الكربوليك (فينول)
الاشتقاق	يعتبر مشـتق من الماء باسـتبدال ذرة هيدروچين بمجموعة **ألكيل** (R–) $H-OH \xrightarrow[+R]{-H} R-OH$	يعتبر مشـتق من الماء باسـتبدال ذرة هيدروچين بمجموعة **آريل** (Ar–) $H-OH \xrightarrow[+Ar]{-H} Ar-OH$
	يعتبرمشـتق هيدروكسـيلي للهيدروكربونات الأليفاتية باسـتبدال ذرة هيدروچين أو أكثر بمجموعة هيدروكسيل أو أكثر. $R-H \xrightarrow[+OH]{-H} R-OH$ هيدروكربون أليفاتي ← كحول	يعتبرمشـتق هيدروكسـيلي للهيدروكربونات الأروماتية باسـتبدال ذرة هيدروچين أو أكثر بمجموعة هيدروكسيل أو أكثر. $Ar-H \xrightarrow[+OH]{-H} Ar-OH$ هيدروكربون أروماتي ← فينول

الكحـولات

تسمية الكحولات

١ التسمية الشائعة (التسمية تبعًا لمجموعة الألكيل) : [كحول + ألكيلي]

- تسمى فيها الكحولات تبعًا لمجموعة الألكيل تسبقها كلمة **كحول**.
- إذا كانت ذرة كربون مجموعة الهيدروكسيل متصلة بذرتي كربون يكتب في نهاية الاسم **ثانوي**.
- إذا كانت ذرة كربون مجموعة الهيدروكسيل متصلة بثلاثة ذرات كربون يكتب في نهاية الاسم **ثالثي**.
- يطلق لفظ **الأيزو** للمركب متصل السلسلة عندما تتصل ذرة الكربون الطرفية فيه بمجموعتي ميثيل وذرة هيدروچين.

٢ تسمية الأيوباك [ألكـان + ول = ألكانـول]

- يشتق اسم الكحول من الألكان المناظر (المحتوي على نفس العدد من ذرات الكربون) ثم تضاف النهاية **(ول)**
- تحدد أطول سلسلة كربونية ترتبط بها مجموعة الهيدروكسيل.
- ترقم ذرات الكربون في السلسلة من الناحية الأقرب لمجموعة الهيدروكسيل.
  ملحوظة: يطلق اسم الكاربينول على ذرة الكربون المرتبط بها مجموعة الهيدروكسيل.
- يكتب رقم ذرة الكربون المرتبط بها مجموعة الهيدروكسيل (الكاربينول) قبل اسم الكحول.

أمثلة على تسمية الكحولات شائعة وايوباك

المركب	التسمية الشائعة (كحول + ألكيلي)	تسمية الإيوباك (ألكان + ول = ألكانول)
CH_3-OH	كحول ميثيلي	ميثانول
CH_3-CH_2-OH	كحول إيثيلي	إيثانول
$CH_3-CH_2-CH_2-OH$	كحول بروبيلي.	1– بروبانول
$CH_3-CH(OH)-CH_3$	كحول أيزو بروبيلي كحول بروبيلي ثانوي	2– بروبانول
$CH_3-CH_2-CH(OH)-CH_3$	كحول بيوتيلي ثانوي	2– بيوتانول
$CH_3-C(CH_3)(OH)-CH_3$	كحول بيوتيلي ثالثي	2– ميثيل –2– بروبانول
$CH_3-CH_2-C(CH_3)(OH)-CH_3$	كحول بنتيلي ثالثي	2– ميثيل –2– بيوتانول

تسمية الكحول الأيزو ألكيلي

أيزو ألكان	أيزو ألكيل	كحول أيزو ألكيلي
$CH_3-CH(CH_3)-H$ بروبان	$CH_3-CH(CH_3)-$ أيزو بروبيل	$CH_3-CH(CH_3)-OH$ كحول أيزو بروبيلي
$CH_3-CH(CH_3)-CH_2-H$ أيزو بيوتان	$CH_3-CH(CH_3)-CH_2-$ أيزو بيوتيل	$CH_3-CH(CH_3)-CH_2-OH$ كحول أيزو بيوتيلي
$CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH_2-H$ أيزو بنتان	$CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH_2-$ أيزو بنتيل	$CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH_2-OH$ كحول أيزو بنتيلي
$CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH_2-CH_2-H$ أيزو هكسان	$CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH_2-CH_2-$ أيزو هكسيل	$CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH_2-CH_2-OH$ كحول أيزو هكسيلي





اكتب أسماء الكحولات الآتية حسب نظام الإيوباك:

①	②	③	④
H_3C $CH-CH_2-OH$ H_3C	CH_3 $CH_3-CH-C-CH_3$ $OH \quad CH_3$	$H \quad OH$ $H-C=C-H$	$OH \qquad Br$ $CH_3-CH-CH_2-C-CH_3$ Cl

الإجابة

① 2– ميثيل –1– بروبانول.

② 3،3– ثنائي ميثيل –2– بيوتانول.

③ إيثينول.

④ 4 – برومو – 4 – كلورو –2– بنتانول.

تدريب ٣٧

اكتب **الصيغة البنائية** لكل مركب من المركبات التالية، ثم اكتب **الاسم الصحيح** لكل منها تبعًا لنظام الإيوباك:

① 2 – إيثيل –1– بروبانول.

② 1،1– ثنائي ميثيل –1– بيوتانول.

الإجابة

	①	②
الصيغة البنائية	$CH_3-CH-CH_2-OH$ CH_2 CH_3	CH_3 $CH_3-CH_2-CH_2-C-OH$ CH_3
الإسم الصحيح	2 – ميثيل –1– بيوتانول	2 – ميثيل –2– بنتانول

تدريب ٣٨

اكتب **الاسم الشائع والاسم بنظام الإيوباك** للكحولات الآتية:

$CH_3-CH_2-CH_2-OH$	$CH_3-CH_2-CH-CH_3$ OH	CH_3 CH_3-C-CH_3 OH	CH_3 $CH_3-CH_2-C-CH_3$ OH
①	②	③	④

الإجابة

التسمية الشائعة

① كحول بروبيلي.

② كحول بيوتيلي ثانوي.

③ كحول بيوتيلي ثالثي.

④ كحول بنتيلي ثالثي.

تسمية الإيوباك

① 1– بروبانول.

② 2– بيوتانول.

③ 2– ميثيل –2– بروبانول.

④ 2– ميثيل –2– بيوتانول.

تصنيف الكحولات

أولًا حسب عدد مجموعات الهيدروكسيل في الجزيء

عديدة الهيدروكسيل	ثلاثية الهيدروكسيل	ثنائية الهيدروكسيل	أحادية الهيدروكسيل
$C_6H_8(OH)_6$ CH_2-OH $(CHOH)_4$ CH_2-OH سوربيتول 6،5،4،3،2،1– سداسي هيدروكسي هكسان	$C_3H_5(OH)_3$ CH_2-OH $CH-OH$ CH_2-OH جليسرول 3،2،1– ثلاثي هيدروكسي بروبان	$C_2H_4(OH)_2$ CH_2-OH CH_2-OH إيثيلين جليكول 2،1– ثنائي هيدروكسي إيثان	CH_3-OH كحول ميثيلي ميثانول CH_3-CH_2-OH كحول إيثيلي إيثانول

تصنيف الكحولات أحادية الهيدروكسيل

حسب نوع ذرة الكاربينول : وهي ذرة الكربون المتصلة بمجموعة الهيدروكسيل

تصنف الكحولات أحادية الهيدروكسيل إلى ثلاثة أصناف حسب ذرة الكاربينول.

ثانيًا حسب نوع ذرة الكاربينول

كحولات ثالثية	كحولات ثانوية	كحولات أولية	
كحولات ترتبط فيها مجموعة الكاربينول بثلاث ذرات كربون.	كحولات ترتبط فيها مجموعة الكاربينول بذرتي كربون وذرة هيدروچين واحدة.	كحولات تكون فيها مجموعة الكاربينول طرفيه أو ترتبط بذرة كربون واحدة وذرتي هيدروچين.	التعريف
كحولات تحتوي على المجموعة الوظيفية $-\overset{\vert}{\underset{\vert}{C}}-OH$	كحولات تحتوي على المجموعة الوظيفية $>CHOH$	كحولات تحتوي على المجموعة الوظيفية $-CH_2OH$	
$R-C(R)(R)-OH$	$R-C(H)(R)-OH$	$R-C(H)(H)-OH$	الصيغة العامة
$CH_3-C(CH_3)(CH_3)-OH$ كحول بيوتيلي ثالثي 2– ميثيل –2– بروبانول	$CH_3-C(H)(CH_3)-OH$ كحول أيزو بروبيلي كحول بروبيلي ثانوي 2– بروبانول	$CH_3-C(H)(H)-OH$ كحول إيثيلي إيثانول	مثال





اكتب **الصيغة البنائية** للكحولات الآتية :

(١) كحول أيزو بنتيلي.

(٢) 2 ، 2– ثنائي ميثيل –1– بيوتانول.



الإجابة

(١)

$$CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_2-CH_2-OH$$

(٢)

$$CH_3-CH_2-\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}}}-CH_2-OH$$

تدريب ٤٠

إلى أي **نوع** تنتمي **الكحولات** الآتية:

(١) $CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}-CH_3$	(٢) $CH_3-CH_2-\overset{\displaystyle OH}{\overset{|}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}}}-CH_3$	(٣) $(CH_3)_2CH-CH_2-OH$
(٤) $C_2H_4(OH)_2$	(٥) $C_6H_8(OH)_6$	(٦) $C_3H_5(OH)_3$

الإجابة

(١) كحول أحادي الهيدروكسيل ثانوي.

(٢) كحول أحادي الهيدروكسيل ثالثي.

(٣) كحول أحادي الهيدروكسيل أولي.

(٤) كحول ثنائي الهيدروكسيل.

(٥) كحول عديد الهيدروكسيل.

(٦) كحول ثلاثي الهيدروكسيل.



يمكن الحصول على كحول أيزو بنتيلي عند ربط مجموعة $(-OH)$ إلى ذرة الكربون رقم .... في السلسلة الكربونية

$$\overset{1}{C}-\underset{\displaystyle C}{\underset{|}{\overset{2}{C}}}-\overset{3}{C}-\overset{4}{C}$$

(أ) 1

(ب) 2

(ج) 3

(د) 4



ما عدد مجموعات الميثيل في جزيء الكحول الأيزو ألكيلي؟ ....

(أ) 1

(ب) 2

(ج) 3

(د) 4

الكحولات الأولية أحادية الهيدروكسيل

الصيغة العامة : للكحولات أحادية الهيدروكسيل (نفس الصيغة العامة للإثيرات) $C_nH_{2n+2}O$

مثال : الكحول الإيثيلي (الإيثانول) C_2H_5OH

يعتبر الكحول الإيثيلي (الإيثانول) **أقدم المركبات العضوية التي حضرت صناعيًا.**

فقد حضره قدماء المصريين منذ أكثر من ثلاثة آلاف عام من تخمر المواد السكرية والنشوية.

أولًا طرق تحضير الإيثانول في الصناعة

① التخمر الكحولي

- **الإنتاج عالميًا:** ينتج حوالي 20% من الإيثانول على مستوى العالم من عمليات التخمر الكحولي للمواد السكرية والنشوية خاصة في البلدان التي تكثر فيها زراعات قصب السكر والبنجر والذرة.
- **الإنتاج في مصر:** يحضر الإيثانول من المولاس وهو **المحلول السكري المتبقي بعدما يستخلص منه السكر** (وذلك في مصانع شركة السكر والتقطير المصرية – بالحوامدية)

وتجرى عملية التخمر وهي **إضافة الخميرة إلى المولاس (السكروز) ليتكون الإيثانول وثاني أكسيد الكربون** وذلك تبعًا للخطوات التالية :

$$\underset{\text{سكروز}}{C_{12}H_{22}O_{11\,(s)}} + H_2O_{(\ell)} \xrightarrow[H^+]{\text{hydrolysis}} \underset{\text{جلوكوز}}{C_6H_{12}O_{6\,(aq)}} + \underset{\text{فركتوز}}{C_6H_{12}O_{6\,(aq)}}$$

$$\underset{\text{جلوكوز}}{C_6H_{12}O_{6\,(aq)}} \xrightarrow[\text{Zymase enzyme}]{\text{yeast}} \underset{\text{كحول إيثيلي (إيثانول)}}{2C_2H_5OH_{(\ell)}} + 2CO_{2\,(g)}$$


تدريب 41

مبتدئًا **بالسكروز** كيف تحصل على **الإيثان** ؟

الإجابة

$$C_{12}H_{22}O_{11\,(s)} + H_2O_{(\ell)} \xrightarrow[H^+]{\text{hydrolysis}} C_6H_{12}O_{6\,(aq)} + C_6H_{12}O_{6\,(aq)}$$

$$C_6H_{12}O_{6\,(aq)} \xrightarrow[\text{Zymase enzyme}]{\text{yeast}} 2C_2H_5OH_{(\ell)} + 2CO_{2\,(g)}$$

$$C_2H_5OH_{(\ell)} \xrightarrow[180\,°C]{H_2SO_4} C_2H_{4\,(g)} + H_2O_{(v)}$$

$$C_2H_{4(g)} + H_{2\,(g)} \xrightarrow[150 : 300\,°C]{\text{Pt or Ni}} C_2H_{6\,(g)}$$



٢ هيدرة الإيثين

هي الطريقة الشائعة لتحضير الإيثانول وتجرى في معظم البلدان النفطية.

يعتبر الإيثانول من البتروكيماويات ...علل؟

لأنه يحضر من الهيدرة الحفزية للإيثين في وجود حمض الكبريتيك أو الفوسفوريك وينتج الإيثين من تكسير المواد البترولية كبيرة السلسلة.

البتروكيماويات

هي الكيماويات التي تصنع من البترول.

$$\text{منتجات بترولية} \xrightarrow{\text{Cracking}} CH_2{=}CH_{2(g)} + H_2O_{(\ell)} \xrightarrow[110\ ^\circ C]{H_2SO_4\ dil.} C_2H_5OH_{(v)}$$

إيثين (إيثيلين) — إيثانول



- الإيثين هو **الألكين** الوحيد الذي يعطي كحول أولي (الإيثانول) بالهيدرة الحفزية.
- بقية الألكينات فتعطي كحولات ثانوية أو ثالثية ويتم التفاعل طبقًا **لقاعدة ماركونيكوف**.

$$CH_3-CH{=}CH_{2(\ell)} + H-OH_{(\ell)} \xrightarrow[110\ ^\circ C]{H_2SO_4\ dil.} CH_3-\underset{}{\overset{OH}{CH}}-CH_{3(\ell)}$$

بروبين — 2- بروبانول (كحول ثانوي)

$$CH_3-\overset{CH_3}{C}{=}CH-CH_{3(\ell)} + H-OH_{(\ell)} \xrightarrow[110\ ^\circ C]{H_2SO_4\ dil.} CH_3-\underset{OH}{\overset{CH_3}{C}}-CH_2-CH_{3(\ell)}$$

2- ميثيل -2- بيوتين — 2- ميثيل -2- بيوتانول (كحول ثالثي)

تدريب ٤٢

اكتب المعادلات الكيميائية الدالة على **الهيدرة الحفزية** لكل من :

(١) 1- بيوتين. (٢) 2- ميثيل -1- بروبين.

الإجابة

$$(1)\ CH_3-CH_2-CH{=}CH_2 + H-OH \xrightarrow[110\ ^\circ C]{H_2SO_4\ dil.} CH_3-CH_2-\overset{OH}{CH}-CH_3$$

2 - بيوتانول

$$(2)\ CH_3-\overset{CH_3}{C}{=}CH_2 + H-OH \xrightarrow[110\ ^\circ C]{H_2SO_4\ dil.} CH_3-\underset{OH}{\overset{CH_3}{C}}-CH_3$$

2 - ميثيل -2- بروبانول

ثانيًا الطريقة العامة لتحضير الكحولات

يمكن تحضير الكحولات بتسخين هاليدات الألكيل التي يتكون شقها الألكيلي من الشق الألكيلي للكحول المطلوب مع المحاليل المائية للقلويات القوية، فتحل مجموعة الهيدروكسيل محل شق الهاليد ويتكون الكحول المقابل.

$$RX + KOH_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} ROH + KX$$

حيث أن R : شق الألكيل ، X : شق الهاليد

١ تحضير الكحولات الأولية

$$CH_3-CH_2-Br_{(\ell)} + KOH_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} CH_3-CH_2-OH_{(aq)} + KBr_{(aq)}$$

بروميد إيثيل (برومو إيثان) (هاليد ألكيل أولي) — كحول إيثيلي (إيثانول) (كحول أولي)

٢ تحضير الكحولات الثانوية

$$CH_3-\underset{CH_3}{\overset{H}{C}}-Br_{(\ell)} + KOH_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} CH_3-\underset{CH_3}{\overset{H}{C}}-OH_{(aq)} + KBr_{(aq)}$$

بروميد بروبيل ثانوي (2– برومو بروبان) (هاليد ألكيل ثانوي) — كحول أيزو بروبيلي (2– بروبانول) (كحول ثانوي)

٣ تحضير الكحولات الثالثية

$$CH_3-\underset{CH_3}{\overset{CH_3}{C}}-Cl_{(\ell)} + KOH_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} CH_3-\underset{CH_3}{\overset{CH_3}{C}}-OH_{(aq)} + KCl_{(aq)}$$

كلوريد بيوتيل ثالثي (2– كلورو –2– ميثيل بروبان) (هاليد ألكيل ثالثي) — كحول بيوتيلي ثالثي (2– ميثيل–2– بروبانول) (كحول ثالثي)



ترتب الهالوجينات حسب سهولة انتزاعها من هاليد الألكيل كما يلي : يود > بروم > كلور.

علل ...؟

سهولة تحلل يوديدات الألكيل عن البروميدات والكلوريدات

لكبر نصف قطر ذرة اليود عن البروم والكلور فيسهل انتزاعها.



ما الاسم الشائع للمركب $(CH_3)_3CCl$؟ .... (تجريبي ٢١)

(أ) كلوريد بيوتيل ثالثي.
(ب) كلوريد بيوتيل ثانوي.
(ج) 2– كلورو –2– ميثيل بروبان.
(د) 2– ميثيل –2– كلورو بروبان.





ما هو **هاليد الألكيل** المناسب لتحضير **الكحولات** الآتية (اكتب معادلة التفاعل) ؟

(١) ميثانول. (٢) 2– بيوتانول. (٣) 2– ميثيل –2– بيوتانول.

الإجابة

$$(1)\ CH_3-Br_{(\ell)} + KOH_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} CH_3-OH_{(aq)} + KBr_{(aq)}$$

$$(2)\ CH_3-CH_2-\underset{}{\overset{I}{CH}}-CH_3 + KOH_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} CH_3-CH_2-\overset{OH}{CH}-CH_3 + KI_{(aq)}$$

$$(3)\ CH_3-CH_2-\underset{CH_3}{\overset{Cl}{C}}-CH_3 + KOH_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} CH_3-CH_2-\underset{CH_3}{\overset{OH}{C}}-CH_3 + KCl_{(aq)}$$



وضح بالمعادلات الكيميائية فقط كيف تحصل على ... ؟

(١) الإيثانول من الإيثين بطريقتين. (٢) 2– بروبانول من البروبين بطريقتين.

الإجابة

$$(1)\ CH_2=CH_2 + H_2O \xrightarrow[110\,^\circ C]{H_2SO_4\ dil.} C_2H_5OH$$

$$CH_2=CH_2 + HBr \longrightarrow CH_3-CH_2-Br$$

$$CH_3-CH_2-Br + KOH_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} CH_3-CH_2-OH + KBr$$

$$(2)\ CH_3-CH=CH_2 + H-OH \xrightarrow[110\,^\circ C]{H_2SO_4\ dil.} CH_3-\overset{OH}{CH}-CH_3$$

$$CH_3-CH=CH_2 + HBr \longrightarrow CH_3-\overset{Br}{CH}-CH_3$$

$$CH_3-\overset{Br}{CH}-CH_3 + KOH_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} CH_3-\overset{OH}{CH}-CH_3 + KBr$$



عند التحلل المائي في وسط قلوي لهاليد ألكيل أولي تكون المركب (A) ولهاليد ألكيل ثانوي تكون المركب (B) فإن المركبين (A) ، (B) يكونان .... (مصر ثان ٢١)

أ (A) 2– بيوتانول ، (B) كحول أيزوبيوتيلي.
ب (A) 1– بيوتانول ، (B) 2– ميثيل –2– بروبانول.
ج (A) 2– ميثيل –2– بروبانول ، (B) 1– بيوتانول.
د (A) 2– ميثيل –1– بروبانول ، (B) 2– بيوتانول.



الصيغة الجزيئية C_3H_6O قد تعبر عن .... (مصر ثان ٢١)

أ كحول أولي أو إثير. ب كحول ثانوي أو كيتون. ج ألدهيد أو كيتون. د ألدهيد أو إثير.

شغل دماغك ٣٣

عند التحلل المائي القاعدي لـ C_3H_7Br بالتسخين فإنه يمكن أن يعطي كحول .... (مصر أول ٢١)

أ أولي فقط. ب ثانوي فقط. ج أولي أو ثالثي. د أولي أو ثانوي.

الدرس 9 الخـواص العامـة للكحـولات

الخـواص العامـة للكحولات

الخواص الفيزيائية

- الكحولات مواد متعادلة عديمة اللون.
- **المركبات الأولـــى** : سوائل خفيفة – تمتزج بالماء امتزاجًا كاملًا.
- **المركبات المتوسطة** : سوائل زيتية القوام.
- **المركبات العليــــا** : مواد صلبة ذات قوام شمعي.
- تتميز بارتفاع درجة غليانها عن الألكانات المقابلة.

الكحـــول		درجة الغليان
إيثانول	C_2H_5OH	78°C
إيثلين جليكول	$C_2H_4(OH)_2$	197°C
جليسرول	$C_3H_5(OH)_3$	290°C
سوربيتول	$C_6H_8(OH)_6$	296°C

علل ...؟

(١) تختلف الكحولات (خاصة الأولى منها) عن الألكانات في أن الكحولات تذوب في الماء ودرجة غليانها مرتفعة.

لوجود مجموعة الهيدروكسيل القطبية التي لها القدرة على تكوين روابط هيدروچينية بين جزيئات الكحول وبعضها مما يسبب ارتفاع درجة غليانها، أو تكوين روابط هيدروچينية مع جزيئات الماء مما يتسبب في ذوبانها في الماء.

O–H------O–H (R ، H)
الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الكحول وجزيئات الماء

O–H------O–H (R ، R)
الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الكحول وبعضها

(٢) درجة غليان الجليسرول أعلى من الإيثيلين جليكول أعلى من الإيثانول.

لاحتواء جزيء الجليسرول على ثلاث مجموعات هيدروكسيل قطبية، بينما يحتوي جزيء الإيثيلين جليكول على مجموعتين وجزيء الإيثانول على مجموعة واحدة، ويزداد عدد الروابط الهيدروچينية بزيادة عدد مجموعات الهيدروكسيل فتزداد درجة الغليان.

الكحـول

الكحول النقي

المكونات : كحول نقاوته 96%

تفرض عليه ضريبة إنتاج عالية على الإيثانول النقي الذي تركيزه 96% ...علل؟

للحد من تناوله في المشروبات الكحولية لما لها من أضرار صحية وإجتماعية جسيمة.

الكحول المحول (السبرتو الأحمر)

المكونات : 85% إيثانول

وللحد من تناوله كمشروب كحولي يضاف إليه:

- 1% إضافات
- 5% **ميثانول** (يسبب الجنون والعمى)
- 9% – بعض الصبغات لتلوينه.
  – **البيريدين** (رائحته كريهة).
  – ماء.

في الكحول المحول (السبرتو الأحمر)

"هذه الإضافات لا يمكن فصلها عن الإيثانول إلا بعمليات كيميائية معقدة، بجانب أن القانون يعاقب عليها".

الاستخدام: يستخدم بثمن اقتصادي:

- كوقود.
- كمذيب عضوي.
- في كثير من الصناعات الكيماوية.



الخواص الكيميائية

يمكن تقسيم التفاعلات الكيميائية للكحولات إلى تفاعلات :

(١) خاصة بذرة هيدروچين مجموعة الهيدروكسيل (H –)
(٢) خاصة بمجموعة الهيدروكسيل (OH –)
(٣) خاصة بمجموعة الكاربينول (– C – OH)
(٤) تفاعلات تشمل الجزيء كله (R – OH)

❶ تفاعلات خاصة بذرة هيدروجين مجموعة الهيدروكسيل

أ حمضية الكحولات

على الرغم من أن الكحولات متعادلة التأثير على عباد الشمس، ولكن لها صفة حمضية ضعيفة ...علل؟

لأنها تتفاعل مع الفلزات النشطة مثل الصوديوم والبوتاسيوم التي تحل محل ذرة هيدروچين مجموعة الهيدروكسيل،
وسبب الحمضية الضعيفة هي أن زوج الإلكترونات الذي يربط ذرة الهيدروچين بذرة الأكسچين في مجموعة الهيدروكسيل يزاح أكثر ناحية ذرة الأكسچين الأكثر سالبية كهربية،
وبالتالي يسهل كسر هذه الرابطة التساهمية القطبية ويحل الفلز محل هيدروچين مجموعة الهيدروكسيل.

$$2ROH + 2K \longrightarrow 2ROK + H_2$$

كحول + بوتاسيوم ← ألكوكسيد البوتاسيوم + هيدروچين

$$2C_2H_5OH_{(\ell)} + 2Na_{(s)} \longrightarrow 2C_2H_5ONa_{(\ell)} + H_{2(g)}$$

إيثانول + صوديوم ← إيثوكسيد الصوديوم + هيدروچين



اكتب معادلة تفاعل فلز الصوديوم مع الميثانول.

الإجابة

$$2CH_3OH_{(\ell)} + 2Na_{(s)} \longrightarrow 2CH_3ONa_{(\ell)} + H_{2(g)}$$

ميثانول + صوديوم ← ميثوكسيد الصوديوم + هيدروچين

تدريب عملي | **تفاعل الإيثانول مع الصوديوم**

الخطوات	• ضع قطعة صغيرة من **الصوديوم** (في حجم الحمصة) في أنبوبة اختبار تحتوي على **5mL** من **الإيثانول** وسد الأنبوبة بإصبع الإبهام.
المشاهدة	• حدوث فوران. • عند تقريب عود ثقاب مشتعل إلى فوهة الأنبوبة بحذر تحدث فرقعة مميزة. • إذا بخر المحلول على حمام مائي بعد انتهاء التفاعل تشاهد ترسب مادة بيضاء صلبة هي إيثوكسيد الصوديوم.
الاستنتاج	• الصوديوم يحل محل هيدروچين مجموعة الهيدروكسيل مما يدل على أن الكحولات لها صفة حمضية ضعيفة.

يمكن تحليل إيثوكسيد الصوديوم مائيًا إلى الإيثانول وهيدروكسيد الصوديوم.

$$C_2H_5ONa_{(\ell)} + H-OH_{(\ell)} \longrightarrow C_2H_5OH_{(\ell)} + NaOH_{(aq)}$$

إيثوكسيد الصوديوم + ماء ← إيثانول + هيدروكسيد الصوديوم



كيف تحصل على الإيثانول من إيثوكسيد الصوديوم والعكس؟

الإجابة

$$C_2H_5ONa_{(\ell)} + H-OH_{(\ell)} \longrightarrow C_2H_5OH_{(\ell)} + NaOH_{(aq)}$$
$$2C_2H_5OH_{(\ell)} + 2Na_{(s)} \longrightarrow 2C_2H_5ONa_{(\ell)} + H_{2(g)}$$

ب تكوين الإستر

كحول + حمض كربوكسيلي ⟵ إستر + ماء

تتفاعل الكحولات مع الأحماض العضوية لتكوين الإسترات وفي هذا التفاعل تنفصل من جزيء الكحول ذرة هيدروچين مجموعة الهيدروكسيل ومن جزيء الحمض تنفصل مجموعة هيدروكسيل.

وأمكن إثبات ذلك عندما عولج الكحول الإيثيلي المحتوي على نظير الأكسچين الثقيل (O^{18}) بحمض الإيثانويك الذي يحتوي على الأكسچين العادي (O^{16}) فوجد أن أكسچين الماء الناتج أكسچين عادي.

$$CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH_{(\ell)} + H-O-C_2H_{5(\ell)} \xrightarrow[conc]{H_2SO_4} CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-C_2H_{5(aq)} + H_2O_{(\ell)}$$

حمض الأسيتيك — إيثانول — إستر أسيتات الإيثيل — ماء

يضاف حمض الكبريتيك المركز في تفاعل الأسترة ...علل؟

لأن تفاعل تكوين الإستر تفاعل منعكس لذا يضاف حمض الكبريتيك المركز لامتصاص الماء لمنع حدوث التفاعل العكسي وبذلك يستمر تكوين الإستر.



كيف تحصل على أسيتات الإيثيل من أسيتات الصوديوم ؟

إرشاد الإجابة

أسيتات الصوديوم ⟵ ميثان ⟵ إيثاين ⟵ أسيتالدهيد ⟵ حمض الأسيتيك ⟵ أسيتات الإيثيل.



عند تفاعل 1 mol من الإيثيلين جليكول مع 2 mol من حمض الأسيتيك فإن الناتج يكون .... (مصر أول ٢١)

Ⓐ
$$\begin{array}{l} CH_2O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_3 \\ | \\ CH_2O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_3 \end{array}$$

Ⓑ
$$\begin{array}{l} CH_2COOCH_3 \\ | \\ CH_2COOCH_3 \end{array}$$

Ⓒ $CH_3COOC_2H_5$

Ⓓ $CH_3COO(CH_2)_2CH_3$



٢ تفاعلات خاصة بمجموعة الهيدروكسيل (OH –)

تتفاعل الكحولات مع الأحماض الهالوجينية ...علل؟

لاحتواء الكحولات على مجموعة الهيدروكسيل التي تمكنها من التفاعل مع هيدروجين الأحماض.

مثال : يتفاعل الإيثانول مع حمض الهيدروكلوريك المركز في وجود كلوريد الخارصين كعامل حفز مكونًا كلوريد الإيثيل

$$\underset{\text{إيثانول}}{C_2H_5OH_{(\ell)}} + \underset{\text{حمض هيدروكلوريك}}{H\text{-}Cl_{(\ell)}} \xrightarrow{ZnCl_2} \underset{\text{كلوريد الإيثيل}}{C_2H_5Cl_{(aq)}} + \underset{\text{ماء}}{H_2O_{(\ell)}}$$


تدريب ٤٨

كيف تحصل على كلوريد الإيثيل من الإيثانول والعكس؟

الإجابة

$$C_2H_5OH_{(\ell)} + HCl_{(\ell)} \xrightarrow{ZnCl_2} C_2H_5Cl_{(aq)} + H_2O_{(\ell)}$$

$$C_2H_5Cl_{(\ell)} + KOH_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} C_2H_5OH_{(aq)} + KCl_{(aq)}$$

٣ تفاعلات خاصة بمجموعة الكاربينول $(-\overset{|}{\underset{|}{C}}-OH)$

تتأكسد الكحولات بالعوامل المؤكسدة العادية والمتمثلة في الجدول التالي :

المادة المؤكسدة	الصيغة الكيميائية	اللون قبل الأكسدة	اللون بعد الأكسدة
ثاني كرومات البوتاسيوم المحمضة بحمض الكبريتيك (حمض الكروميك)	$K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4$ $(H_2Cr_2O_7)$	برتقالي	أخضر
برمنجنات البوتاسيوم المحمضة بحمض الكبريتيك المركز	$KMnO_4 + H_2SO_4$	بنفسجي	عديم اللون

دور العامل المؤكسد

يتركز فعل العامل المؤكسد على ذرات الهيدروجين الموجودة بمجموعة الكاربينول حيث يحولها إلى مجموعات هيدروكسيل.

لكن عندما تتصل مجموعتي هيدروكسيل بذرة كربون واحدة يكون المركب الناتج غير ثابت وسرعان ما يفقد جزيء ماء ويتحول إلى مركب ثابت.

تختلف نواتج الأكسدة حسب نوع الكحول:

1 أكسدة الكحولات الأولية

كحول أولي ⟵(أكسدة) ألدهيد ⟵(أكسدة) حمض كربوكسيلي

تتأكسد الكحولات الأولية على خطوتين ...علل؟

لأن مجموعة الكاربينول تكون متصلة بذرتي هيدروجين فعندما تتأكسد ذرة الهيدروجين الأولى يتكون الألدهيد وعندما تتأكسد ذرة الهيدروجين الثانية أيضًا يتكون الحمض.

إيثانول ⟵(أكسدة) أسيتالدهيد ⟵(أكسدة) حمض الأسيتيك

$$CH_3-\underset{H}{\overset{H}{C}}-OH_{(\ell)} \xrightarrow{[O]} \left[CH_3-\underset{H}{\overset{OH}{C}}-OH\right] \xrightarrow{-H_2O} CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H_{(\ell)} \xrightarrow{[O]} CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH_{(\ell)}$$

كحول إيثيلي (إيثانول) — مركب غير ثابت — أسيتالدهيد (إيثانال) — حمض الأسيتيك (الإيثانويك)

تدريب غير محلول

كيف تحصل على حمض الأسيتيك من أي من : (المولاس – كلوريد الإيثيل – الإيثين) ؟

تدريب عملي | **أكسدة الإيثانول بالعوامل المؤكسدة العادية**

الخطـوات	• ضع في أنبوبة اختبار 3 mL من **الإيثانول** • أضف إليها كمية مماثلة من محلول **ثاني كرومات البوتاسيوم** المحمضة بحمض الكبريتيك المركز **أو برمنجنات البوتاسيوم** المحمضة بحمض الكبريتيك • سخنها في حمام مائي لمدة **10 دقائق**
المشاهـدة	• تغير اللون البرتقالي إلى اللون الأخضر أو اختفاء اللون البنفسجي لبرمنجنات البوتاسيوم. • ظهور رائحة الخل
الاستنتـاج	• رائحة الخل وتغير ألوان العوامل المؤكسدة دليل على حدوث عملية الأكسدة.

الكشف عن تعاطي السائقين الكحول (الخمر)

يُسمح للسائق بنفخ بالون من خلال أنبوبة بها مادة السيلكاجل مشبعة بثاني كرومات البوتاسيوم المحمضة بحمض الكبريتيك ثم تترك البالونة ليخرج منها زفير السائق، فإذا كان السائق مخمورًا تغير لون ثاني كرومات البوتاسيوم داخل الأنبوبة من اللون البرتقالي إلى اللون الأخضر.



▲ الكشف عن تعاطي الكحول



ب أكسدة الكحولات الثانوية

كحول ثانوي $\xrightarrow{\text{أكسدة}}$ كيتون

تتأكسد الكحولات الثانوية على خطوة واحدة فقط ...علل؟

لأن مجموعة الكاربينول في الكحولات الثانوية تتصل بذرة هيدروچين واحدة فتتم الأكسدة في خطوة واحدة ويتكون مركب غير ثابت ليفقد جزيء ماء ويتحول إلى كيتون.

كحول أيزو بروبيلي $\xrightarrow{\text{أكسدة}}$ أسيتون

$$CH_3-\underset{H}{\overset{OH}{C}}-CH_{3\,(\ell)} \xrightarrow{[O]} \left[CH_3-\underset{OH}{\overset{OH}{C}}-CH_3\right] \xrightarrow{-H_2O} CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_{3\,(\ell)}$$

كحول أيزو بروبيلي (2– بروبانول) — مركب غير ثابت — أسيتون (بروبانون)



كيف تحصل على البروبانون من أي من : (البروبين ، 2– بروموبروبان) ؟

جـ أكسدة الكحولات الثالثية

لا تتأكسد الكحولات الثالثية بالعوامل المؤكسدة العادية ...علل؟

لأن مجموعة الكاربينول لا تتصل بذرات هيدروچين لذا فهي لا تتأكسد تحت الظروف العادية.

تدريب ٤٩

كيف تميز عملياً بين كل من : كحول أولي (إيثانول) ، و كحول ثالثي (2– ميثيل –2– بروبانول) ؟

الإجابة

التجربة	كحول أولي	كحول ثالثي
بإضافة محلول برمنجنات البوتاسيوم المحمض بحمض الكبريتيك المركز.	يزول اللون البنفسجي.	لا يحدث شيء.
بإضافة محلول ثاني كرومات البوتاسيوم المحمض بحمض الكبريتيك المركز.	يتحول اللون البرتقالي إلى اللون الأخضر.	لا يحدث شيء

٤ تفاعلات خاصة بجزئ الكحول كله (R – OH)

تتفاعل الكحولات مع حمض الكبريتيك المركز ويتوقف ناتج التفاعل على :

(١) عدد جزيئات الكحول. (٢) درجة الحرارة.

① عندما تكون الحرارة 140°C ينتزع حمض الكبريتيك جزيء ماء من كل **جزيئين من الكحول** ويتكون إثير.

$$C_2H_5OH_{(\ell)} + C_2H_5OH_{(\ell)} \xrightarrow[140\,°C]{H_2SO_4\ conc} C_2H_5-O-C_2H_{5\,(g)} + H_2O_{(v)}$$

إيثانول (كحول إيثيلي) — إثير ثنائي الإيثيل (الإثير المعتاد)

② عندما تكون الحرارة 180°C ينتزع حمض الكبريتيك جزيء ماء من كل **جزيء من الكحول** ويتكون إيثين.

$$H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{H}{\overset{H}{C}}-OH_{(\ell)} \xrightarrow[180\,°C]{H_2SO_4\ conc} \underset{H}{\overset{H}{C}}=\underset{H}{\overset{H}{C}}_{(g)} + H_2O_{(v)}$$

إيثانول (كحول إيثيلي) — إيثين (إيثيلين)

تدريب ٥٠

وضح بالمعادلات الرمزية المتزنة كيف تحصل على إثير ثنائي الميثيل من الإيثانول؟

إرشاد الإجابة

إيثانول ← إيثانال ← إيثانويك ← أسيتات صوديوم ← ميثان ← كلوريد ميثيل ← ميثانول ← إثير ثنائي الميثيل

تدريب ٥١ للفائقين

وضح بالمعادلات الكيميائية فقط كيف تحصل على ... ؟

(١) كحول ثانوي (2– بروبانول) من كحول أولي (1– بروبانول).

(٢) كحول ثالثي (2– ميثيل –2– بروبانول) من كحول أولي (2– ميثيل –1– بروبانول).

الإجابة

(1) $$CH_3-CH_2-CH_2-OH \xrightarrow[180\,°C]{H_2SO_4\ conc.} CH_3-CH=CH_2 + H-OH$$

$$CH_3-CH=CH_2 + H-OH \xrightarrow[110\,°C]{H_2SO_4\ dil.} CH_3-\overset{OH}{\overset{|}{C}H}-CH_3$$

(2) $$CH_3-\overset{CH_3}{\overset{|}{C}H}-CH_2-OH \xrightarrow[180\,°C]{H_2SO_4\ conc.} CH_3-\overset{CH_3}{\overset{|}{C}}=CH_2 + H-OH$$

$$CH_3-\overset{CH_3}{\overset{|}{C}}=CH_2 + H-OH \xrightarrow[110\,°C]{H_2SO_4\ dil.} CH_3-\underset{OH}{\overset{CH_3}{C}}-CH_3$$



الأهمية الاقتصادية للكحول الإيثيلي

(١) مذيب للمركبات العضوية مثل الزيوت والدهون وفي الصناعات الكيميائية مثل صناعة الأدوية والطلاء والورنيش.

(٢) يستخدم في محاليل تعقيم الفم والأسنان عن طريق المضمضة كمادة مطهرة ...علل؟

وذلك لقدرته على قتل الميكروبات.

(٣) يستخدم في صناعة الروائح العطرية والمشروبات الكحولية

[ويجب أن ننوه هنا إلى خطورة تناول المشروبات الكحولية لما لها من أضرار فتاكة على صحة الإنسان، مثل تليف الكبد وسرطان المعدة والمرئ]

(٤) يخلط مع الجازولين ويستخدم كوقود في بعض البلدان مثل البرازيل.

(٥) يدخل في تكوين الكحول المحول (85% إيثانول + 5% ميثانول + 1% إضافات + 9% لون ورائحة وماء) الذي يستخدم كوقود منزلي وفي بعض الصناعات الكيميائية.

(٦) تملأ به الترمومترات التي تقيس درجات الحرارة المنخفضة حتى (– 50°C) ...علل؟

لأن درجة تجمده منخفضة جدًا تصل إلى (– 110.5°C)

الكحولات ثنائية الهيدروكسيل

مثال : الإيثلين جليكول $C_2H_4(OH)_2$

```
   H  H
   |  |
H—C—C—H
   |  |
  OH OH
```

الاسم النظامي (الأيوباك) : 1 ، 2– ثنائي هيدروكسي إيثان.

الاستخدام :

(١) يستخدم في مبردات السيارات في المناطق الباردة كمادة مانعة لتجمد الماء في مبردات السيارات

(٢) يستخدم في سوائل الفرامل الهيدروليكية وأحبار الأقلام الجافة وأحبار الطباعة ...علل؟

بسبب لزوجته الشديدة.

(٣) يستخدم في تحضير ألياف الداكرون.

(٤) يحضر منه بوليمر بولي إيثيلين جليكول (PEG) الذي يستخدم في تحضير أفلام التصوير وأشرطة التسجيل.



عند أكسدة الإيثيلين جليكول أكسدة تامة يتكون ....

(أ)
```
O  O
‖  ‖
C—C
|  |
H  OH
```

(ب)
```
O  O
‖  ‖
C—C
|  |
H  H
```

(ج)
```
  OH O
   |  ‖
H—C—C—OH
   |
   H
```

(د)
```
 O   O
 ‖   ‖
 C—C
 |    |
HO  OH
```

الكحولات ثلاثية الهيدروكسيل

مثال : الجليسرول $C_3H_5(OH)_3$

$$\begin{array}{ccccccc} & H & & H & & H & \\ & | & & | & & | & \\ H- & C & - & C & - & C & -H \\ & | & & | & & | & \\ & OH & & OH & & OH & \end{array}$$

الاسم النظامي (الإيوباك) : 1 ، 2 ، 3– ثلاثي هيدروكسي بروبان.

الاستخدام :

① يستخدم كمادة مرطبة للجلد في مستحضرات التجميل والكريمات

② يدخل في صناعة النسيج ...علل؟

لأنه يكسب الأقمشة المرونة والنعومة.

③ تحضير مفرقعات النيترو جلسرين (ثلاثي نترات الجلسرين) عن طريق عملية النيترة بواسطة خليط من حمضي الكبريتيك والنيتريك.

$$\begin{array}{l} CH_2-OH \\ | \\ CH-OH \\ | \\ CH_2-OH_{(\ell)} \end{array} + 3HO-NO_{2(\ell)} \xrightarrow{H_2SO_4\ conc} \begin{array}{l} CH_2-O-NO_2 \\ | \\ CH-O-NO_2 \\ | \\ CH_2-O-NO_{2(\ell)} \end{array} + 3H_2O_{(\ell)}$$

جليسـرول — حمض النيتريك المركز — ثلاثي نترات الجلسرين — مـاء

يستخدم النيتروجلسرين أيضًا في علاج الأزمات القلبية ...علل؟

لأنه يقوم بتوسيع الشرايين.

الكحولات عديدة الهيدروكسيل

الكربوهيدرات : هي مواد ألدهيدية أو كيتونية عديدة الهيدروكسيل.

	الجلوكوز	الفركتوز
الصيغة البنائية المكثفة	$CHO-(CHOH)_4-CH_2OH$	$CH_2OH-C{=}O-(CHOH)_3-CH_2OH$
الصيغة الجزيئية	$C_6H_{12}O_6$	

علل ...؟

① الجلوكوز والفركتوز من المتشابهات الجزيئية.

لأنهما يتشابهان في الصيغة الجزيئية، ولكنهما يختلفان في الصيغة البنائية وفي الخواص الكيميائية والفيزيائية.

② الجلوكوز والفركتوز من الكربوهيدرات.

لأن الجلوكوز ألدهيد عديد الهيدروكسيل، بينما الفركتوز كيتون عديد الهيدروكسيل.





باستخدام المخطط التالي:

A ــ(تحلل مائي / قلوي)←ــ B ــ(أكسدة)←ــ C

(حيث المركب C يحتوي المول منه على 5 مول ذرة)، فإن المركبات A ، B ، C تكون .... (مصر أول ٢١)

(أ) (A) كلوريد ميثيل ، (B) ميثانول ، (C) حمض فورميك.

(ب) (A) كلوريد إيثيل ، (B) إيثانول ، (C) حمض أسيتيك.

(جـ) (A) كلوريد ميثيل ، (B) ميثانول ، (C) فورمالدهيد.

(د) (A) كلوريد إيثيل ، (B) إيثانول ، (C) أسيتالدهيد.



باستخدام المخطط التالي:

A ــ(تحلل مائي / قلوي)←ــ B ــ(أكسدة)←ــ C

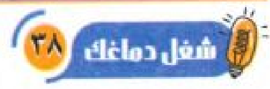
حيث المركب (B) يحتوي المول منه على 12 مول ذرة، فإن المركبات A ، B ، C تكون .... (تجريبي ٢١)

(أ) (A) 2– برومو بروبان ، (B) كحول أيزوبروبيلي ، (C) أسيتون.

(ب) (A) 2– برومو بروبان ، (B) كحول بروبيلي ، (C) حمض بروبانويك.

(جـ) (A) كلوريد إيثيل ، (B) كحول إيثيلي ، (C) حمض أسيتيك.

(د) (A) كلوريد إيثيل ، (B) كحول إيثيلي ، (C) أسيتالدهيد.



التفاعلات الآتية تتم في الظروف المناسبة للحصول على مركبات (A) ، (B) ، (C) كما يلي:

$R-CH_2OH$ ــ(حمض معدني / قوي)←ــ A ــ(Δ)←ــ B ــ(هدرجة)←ــ C

فإذا علمت أن (B) يخضع لقاعدة ماركونيكوف فإن المركبات (A) ، (B) ، (C) هي .... (مصر أول ٢١)

(أ) (A) كبريتات إيثيل هيدروجينية ، (B) إيثين ، (C) إيثان.

(ب) (A) إيثين ، (B) كبريتات إيثيل هيدروجينية ، (C) إيثان.

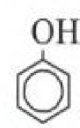
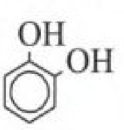
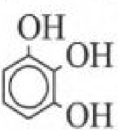
(جـ) (A) كبريتات بروبيل هيدروجينية ، (B) بروبين ، (C) بروبان.

(د) (A) بروبين ، (B) بروبان ، (C) كبريتات بروبيل هيدروجينية.



الفينــولات

مركبات هيدروكسيلية أروماتية تتصل فيها مجموعة هيدروكسيل أو أكثر مباشرة بذرات كربون حلقة البنزين.

		
فينول	كاتيكول	بيروجالول
هيدروكسي بنزين	2،1– ثنائي هيدروكسي بنزين	3،2،1– ثلاثي هيدروكسي بنزين
حمض الكربوليك	أورثو – ثنائي هيدروكسي بنزين	

الفينول (حمض الكربوليك) C_6H_5-OH

الفينول مركب عضوي له أهمية صناعية كبيرة ...علل؟

لاستخدامه كمادة أوليه في تحضير كثير من المنتجات **مثل** البوليمرات، والأصباغ، والمطهرات، ومستحضرات حمض السلسليك (كالأسبرين)، وحمض البكريك.



(١) من التقطير التجزيئي لقطران الفحم.

(٢) التحليل المائي للمركبات الهالوچينية الأروماتية وذلك بتسخينها مع هيدروكسيد الصوديوم في درجة حرارة مرتفعة 300°C وضغط عال 300 atm

$$C_6H_5Cl_{(\ell)} + NaOH_{(aq)} \xrightarrow[300\ atm]{300\ ^\circ C} C_6H_5OH_{(v)} + NaCl_{(aq)}$$

كلوروبنزين ← فينول



كيف تحصل على الفينول من البنزين والعكس ؟

الإجابة

$$C_6H_{6(\ell)} + Cl_{2(g)} \xrightarrow[UV]{FeCl_3} C_6H_5Cl_{(\ell)} + HCl_{(g)}$$

$$C_6H_5Cl_{(\ell)} + NaOH_{(aq)} \xrightarrow[300\ atm]{300\ ^\circ C} C_6H_5OH_{(v)} + NaCl_{(aq)}$$

$$C_6H_5OH_{(v)} + Zn_{(s)} \xrightarrow[\Delta]{Reduction} C_6H_{6(\ell)} + ZnO_{(s)}$$



الخواص العامة للفينول

الخواص الفيزيائية

(١) مادة كاوية للجلد.

(٢) لها رائحة مميزة.

(٣) مادة صلبة تنصهر عند 43°C

(٤) شحيح الذوبان في الماء ويزداد ذوبانه في الماء برفع درجة الحرارة حتى يمتزج تمامًا عند 65°C

الخواص الكيميائية




١ حمضية الفينول

البنزين ساحب للإلكترونات

δ^+ O — H δ^+

رابطة قصيرة وقوية — رابطة طويلة وضعيفة

علل ...؟

(١) • حامضية الفينول أكبر من حامضية الكحول.

• يتفاعل الفينول مع القلويات مثل الصودا الكاوية.

لأن حلقة البنزين في الفينولات تزيد من طول الرابطة بين (O – H) وتضعفها فيسهل انفصال أيون الهيدروجين، لذا يعتبر الفينول من الأحماض ويسمى حمض الكربوليك.

(٢) لا يمكن نزع مجموعة الهيدروكسيل من الفينولات بتفاعلها مع الأحماض عكس الكحولات.

لأن حلقة البنزين تؤثر على الرابطة بين ذرة كربون حلقة البنزين في الفينول وذرة أكسجين مجموعة الهيدروكسيل فتقصر هذه الرابطة ويصعب كسرها.

مقارنة بين حامضية الكحولات وحامضية الفينولات

	الكحولات	الفينولات
الصيغة العامة	R – OH	Ar – OH
التفاعل مع الصوديوم	$2CH_3OH + 2Na \longrightarrow 2CH_3ONa + H_2$ ميثانول — ميثوكسيد الصوديوم	$2C_6H_5OH + 2Na \longrightarrow 2C_6H_5ONa + H_2$ فينول — فينوكسيد الصوديوم
التفاعل مع NaOH	لا يتفاعل	$C_6H_5OH + NaOH \longrightarrow C_6H_5ONa + H_2O$ فينول — فينوكسيد الصوديوم
التفاعل مع HCl	$CH_3OH + HCl \xrightarrow{ZnCl_2} CH_3Cl + H_2O$	لا يحدث تفاعل لقوة الرابطة بين الأكسجين وحلقة البنزين.
الحامضية	أقل من الفينولات	أكثر من الكحولات



ما الترتيب التصاعدي الصحيح حسب الحامضية؟ ....

(أ) $C_2H_5OH > C_6H_5OH > C_2H_6$

(ب) $C_2H_6 > C_6H_5OH > C_2H_5OH$

(ج) $C_6H_5OH > C_2H_6 > C_2H_5OH$

(د) $C_6H_5OH > C_2H_5OH > C_2H_6$

② نيترة الفينول

يتفاعل الفينول مع حمض النيتريك المركز في وجود حمض الكبريتيك المركز مكونًا ثلاثي نيتروفينول ويسمى تجاريًا بحمض البكريك.

علل ...؟

① حمض البكريك سلاح ذو حدين.

لأنه يستخدم كمادة متفجرة وكمادة مُطهرة لعلاج الحروق.

② يستخدم حمض البكريك في علاج الحروق.

لأنه مادة مطهرة ومن خصائصه أنه يصبغ الجلد باللون الأصفر ولا تسهل إزالته ويبقى عدة أيام إلى أن تتجدد طبقة الجلد الخارجية (البشرة).

$$C_6H_5OH_{(\ell)} + 3HO{-}NO_{2(\ell)} \xrightarrow[\text{conc}]{H_2SO_4} C_6H_2(OH)(NO_2)_{3(s)} + 3H_2O_{(\ell)}$$

فينول (حمض الكربوليك) ... ثلاثي نيتروفينول (حمض البكريك)



من كلورو بنزين كيف تحصل على كل من ... ؟

① حمض البكريك. ② فينوكسيد الصوديوم.

الإجابة

$$(1)\ C_6H_5Cl_{(\ell)} + NaOH_{(aq)} \xrightarrow[300\ atm]{300\ °C} C_6H_5OH_{(v)} + NaCl_{(aq)}$$

$$C_6H_5OH_{(\ell)} + 3\ HO{-}NO_{2(\ell)} \xrightarrow[\text{conc}]{H_2SO_4} C_6H_2(OH)(NO_2)_{3(s)} + 3\ H_2O_{(\ell)}$$

$$(2)\ C_6H_5Cl_{(\ell)} + NaOH_{(aq)} \xrightarrow[300\ atm]{300\ °C} C_6H_5OH_{(v)} + NaCl_{(aq)}$$

$$C_6H_5OH + NaOH \longrightarrow C_6H_5ONa + H_2O$$



❸ التفاعل مع الفورمالدهيد

البلمرة بالتكاثف

عملية تكوين بوليمرات مشتركة تنتج عادة من ارتباط نوعين من المونمر ويخرج جزيء صغير مثل جزيء الماء.

بوليمر الباكليت

- بوليمر ناتج من البلمرة بالتكاثف للبوليمر المُشترك الناتج من تفاعل الفورمالدهيد مع الفينول بخلطهما في وسط حمضي أو قاعدي.
- بوليمر من أنواع البلاستيك الشبكي لونه بني قاتم الذي يتحمل الحرارة وعازل للكهرباء.

خطوات التفاعل

① يتفاعل جزيء الفورمالدهيد مع جزيئين من الفينول ويخرج جزيء ماء.

② ترتبط جزيئات البوليمر المشترك بالتتابع إلى أن يتكون بوليمر شبكي يرتبط فيه البوليمر المشترك في تقاطعات ذات أبعاد ثلاثية يربط فيها كل جزيئين فينول قنطرة من مجموعة ميثيلين $(-CH_2-)$

معلومات إضافية

يتكاثف الفينول مع الفورمالدهيد عدة مرات لتكوين الباكليت والتفاعل التالي يعتبر أول تفاعل في بلمرة التكاثف

$$C_6H_5OH + H-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H + C_6H_5OH \xrightarrow{-H_2O} HOC_6H_4-CH_2-C_6H_4OH$$

الباكليت يستعمل في عمل الأدوات الكهربائية وطفايات السجائر ...علل؟

لأنه مقاوم للكهرباء فهو عازل جيد، ويتحمل الحرارة.



ما اسم IUPAC الصحيح للفورمالدهيد ؟ ....

Ⓐ ميثانال. Ⓑ ميثانول. Ⓒ ميثانويك. Ⓓ ميثانون.

شغل دماغك ٤١

كل مما يأتي قد تكون أول وحدة من وحدات الباكليت **ماعدا** ....

Ⓐ (OH)C₆H₄–CH₂–C₆H₄(OH) (OH في الموضع أورثو في الحلقتين)

Ⓑ HO–C₆H₄–CH₂–C₆H₄(OH) (OH بارا في حلقة وأورثو في الأخرى)

Ⓒ (OH)C₆H₄–CH₂–C₆H₄(OH) (OH في الموضع ميتا في الحلقتين)

Ⓓ HO–C₆H₄–CH₂–C₆H₄–OH (OH بارا في الحلقتين)

الكشف عن الفينول

(١) عند إضافة قطرات من محلول كلوريد الحديد III إلى محلول الفينول في الماء يتكون **لون بنفسجي**.

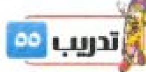
(٢) عند إضافة ماء البروم إلى محلول الفينول في الماء يتكون **راسب أبيض**.



كيف تميز عمليًا بين كل من الفينول – الإيثانول ؟

الإجابة

التجربة	الفينول	الإيثانول
بإضافة محلول كلوريد الحديد III إلى محلول كلًا منهما	يتلون باللون البنفسجي	لا يحدث شيء.
بإضافة ماء البروم إلى محلول كلًا منهما	يتكون راسب أبيض	لا يحدث شيء.
بإضافة برمنجنات البوتاسيوم المحمضة بحمض الكبريتيك المركز.	لا يحدث شيء.	يزول اللون البنفسجي .
بإضافة ثاني كرومات البوتاسيوم المحمض بحمض الكبريتيك المركز.	لا يحدث شيء.	يتحول اللون البرتقالي إلى الأخضر.



كيف تميز عمليًا بتجربة واحدة بين ثلاثة عبوات بكل منها محاليل ... ؟
(هيدروكسيد الأمونيوم – ثيوسيانات الأمونيوم – الفينول)

الإجابة

التجربة	هيدروكسيد الأمونيوم	ثيوسيانات الأمونيوم	الفينول
بإضافة محلول كلوريد الحديد III إلى محلول كل منهم	يتكون راسب بني محمر.	يتكون لون أحمر دموي.	يتكون لون بنفسجي.



OH OH

B *A*

A ، *B* من المركبات العضوية الهيدروكسيلية ،

أي من العبارات التالية صحيح؟ ....

الاختيار	الأكثر حامضية	سهولة الأكسدة	يتفاعل مع البروم الأحمر	يغير لون $FeCl_3$ إلى البنفسجي
ⓐ	*A*	*A*	*A*	*A*
ⓑ	*B*	*B*	*B*	*B*
ⓒ	*A*	*B*	*A*	*A*
ⓓ	*B*	*A*	*A*	*A*

الدرس 11 الأحمـاض الكربوكسيليـة

الأحمـاض الكربوكسيليـة

- هي أكثر المواد العضوية حامضية وتكون مجموعة متجانسة وتتميز بوجود مجموعة أو أكثر من مجموعات الكربوكسيل $(-COOH)$
- على الرغم من قوة الأحماض العضوية (أقوى المواد العضوية في الحامضية) إلا أنها ليست أحماضًا قوية مثل الأحماض غير العضوية كأحماض الهيدروكلوريك والكبريتيك والنيتريك

التكوين

مجموعة الكربوكسيل $(-COOH)$ المميزة للأحماض العضوية

هي مجموعة مركبة من مجموعتي الكربونيل $(>C=O)$ والهيدروكسيل $(-OH)$

يطلق على الأحماض الأليفاتية المشبعة أحادية الكربوكسيل الأحماض الدهنية ...علل؟

لأن عددًا كبيرًا من هذه الأحماض يوجد في الدهون على هيئة إسترات مع الجلسرين.

مقارنة بين الأحماض الأليفاتية والأحماض الأروماتية

	الأحمـاض الأليفاتيـة	الأحمـاض الأروماتيـة
الصيغـة العامـة	$R-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-OH$	$Ar-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-OH$
مثـال لحمض أحادي الكربوكسيل (القاعدية)	$H-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-OH$ حمض الفورميك	C_6H_5COOH حمض البنزويك
مثـال لحمض ثنائي الكربوكسيل (القاعدية)	$COOH-COOH$ حمض الأكساليك	$C_6H_4(COOH)_2$ حمض الفيثاليك

قاعديـة الحمـض

عدد مجموعات الكربوكسيل الموجودة في الحمض العضوي.

تسمية الأحماض الكربوكسيلية

١ التسمية الشائعة

تعتبر التسمية الشائعة للأحماض هي الأكثر استخدامًا عن بقية جميع المركبات العضوية الأخرى ،
وتسمى الأحماض الكربوكسيلية عادة بأسمائها الشائعة المشتقة من الاسم اللاتيني أو الإغريقي للمصدر المُحضرة منه.

اشتقاق اسم حمض الفورميك من اسم النمل الأحمر (Formica) ...علل؟

لأنه حُضر أول مرة من تقطير النمل المطحون.

٢ تسمية الإيوباك

- يشتق الحمض من الألكان المقابل الذي يحتوي على نفس عدد ذرات الكربون بإضافة المقطع (ويك) إلى نهاية اسم الألكان **[ألكان + ويك = ألكانـويك]**
- تحدد أطول سلسلة كربونية تبدأ بمجموعة الكربوكسيل ومنها يشتق اسم الحمض
- يكتب رقم الفرع، ثم اسم الفرع، ثم اسم الحمض.
- ترتب الفروع حسب الترتيب الأبجدي لأسمائها اللاتينية.
- في حالة الأحماض الأروماتية ترقم ذرات الكربون في حلقة البنزين بحيث يبدأ الترقيم من الذرة المرتبطة بالكربوكسيل في اتجاه المجموع الأقل لأرقام باقي الفروع

يوضح الجدول التالي بعض الأحماض الكربوكسيلية وأسمائها الشائعة وأسمائها تبعًا لنظام الأيوباك

الصيغة	التسمية الشائعة	المصدر		الألكان المقابل الذي فيه نفس عدد ذرات الكربون	اسم الحمض تبعًا لنظام الإيوباك
$HCOOH$	حمض الفورميك	النمل	Formica	ميثان	ميثانـويك
CH_3COOH	حمض الأسيتيك	الخل	Acetum	إيثان	إيثانـويك
C_3H_7COOH	حمض البيوتريك	الزبدة	Butyrum	بيوتان	بيوتانـويك
$C_{15}H_{31}COOH$	حمض البالمتيك	زيت النخيل	Palma	هكسا ديكان	هكسا ديكانـويك



ما اسم IUPAC للحمض الذي يعتبر أيزومر لفورمات الميثيل $HCOOCH_3$ ؟ ....

(أ) الميثانويك.

(ب) الإيثانويك.

(جـ) حمض الخليك.

(د) حمض الأسيتيك.





تدريب ٥٦

اكتب **أسماء الأحماض** الآتية حسب **نظام الإيوباك**:

① $CH_3-CH(CH_3)-CH_2-COOH$	② $CH_3-CH(Cl)-CH(CH_3)-CH_2-COOH$
③ $CH_3-CH(CH_2-CH_2-CH_3)-CH_2-COOH$	④ $CH_3-CH_2-CH(COOH)-CH_2-CH_2-CH_3$

الإجابة

① 3– ميثيل بيوتانويك.

② 4 – كلورو – 3 – ميثيل بنتانويك.

③ 3– ميثيل هكسانويك.

④ 2– إيثيل بنتانويك.

الأحماض الأليفاتية أحادية الكربوكسيل

مثال : حمض الأسيتيك CH_3COOH

طرق تحضير حمض الأسيتيك

① الطريقة الحيوية

يحضرحمض الأسيتيك (الخل) في مصر بأكسدة المحاليل الكحولية المخففة بواسطة أكسچين الهواء في وجود بكتريا التي تعرف ببكتريا الخل.

محاليل كحولية مخففة ← (أكسدة بواسطة أكسچين الهواء / فى وجود بكتريا الخل) حمض أسيتيك (الخل)

② من الأسيتيلين

يحضر حمض الأسيتيك على نطاق واسع بالهيدرة الحفزية للأستيلين فينتج الأسيتالدهيد الذي يتأكسد بدوره إلى الحمض بسهولة.

$$\underset{\text{الأستيلين}}{H-C\equiv C-H_{(g)}} + \underset{\text{مـاء}}{H_2O_{(\ell)}} \xrightarrow[HgSO_4\ (60\ °C)]{H_2SO_4\ (40\%)} \underset{\text{أسيتالدهيد}}{CH_3-\overset{O}{\overset{||}{C}}-H_{(\ell)}} \xrightarrow{[O]} \underset{\text{حمض أسيتيك}}{CH_3-\overset{O}{\overset{||}{C}}-OH_{(\ell)}}$$

شغل دماغك ٤٤

أكسدة المركب $CH_3-CH(CH_3)-CH(CH_3)-\overset{O}{\overset{||}{C}}-H$ تعطي .... (مصر أول ٢١)

Ⓐ حمض 3،2 – ثنائي ميثيل بروبانويك.

Ⓑ حمض 3،2 – ثنائي ميثيل بيوتانويك.

Ⓒ حمض 3،2 – ثنائي إيثيل بيوتانويك.

Ⓓ حمض 4،2 – ثنائي إيثيل بروبانويك.

الخواص العامة للأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية

الخواص الفيزيائية

- تتدرج الخواص الفيزيائية للأحماض العضوية بزيادة الكتلة الجزيئية.
  - **الأحماض الأربعة الأولى** : سوائل كاوية – لها رائحة نفاذة – تامة الذوبان في الماء.
  - **الأحماض الوسطى** : سوائل زيتية القوام – كريهة الرائحة – شحيحة الذوبان في الماء.
  - **الأحماض العليا** : مواد صلبة – عديمة الرائحة – غير قابلة للذوبان في الماء.
- درجة غليان الأحماض أكبر من درجة غليان الكحولات المقابلة.



درجة غليان الأحماض الكربوكسيلية أكبر من درجة غليان الكحولات المتساوية معها في عدد ذرات الكربون أو الكتلة الجزيئية

لأن كل جزيئين من الحمض يرتبطان برابطتين هيدروچينيتين، بينما كل جزيئين من الكحول يرتبطان برابطة هيدروچينية واحدة.

الحمض	الكتلة الجزيئية	درجة الغليان	الكحول	الكتلة الجزيئية	درجة الغليان
الفورميك	46	100°C	الإيثانول	46	78°C
الأسيتيك	60	118°C	البروبانول	60	98°C

الخواص الكيميائية

يمكن تقسيم التفاعلات الكيميائية للأحماض إلى تفاعلات :

(١) أيون الهيدروچين (H^+)

(٢) مجموعة الهيدروكسيل $(-OH)$

(٣) مجموعة الكربوكسيل $(-COOH)$

❶ خواص تعزى إلى أيون الهيدروجين

الخاصية الحامضية :

تظهر الخاصية الحامضية في الأحماض الكربوكسيلية في تفاعلها مع كل من :

1 الفلزات النشيطة (التي تسبق الهيدروچين في السلسلة الكهروكيميائية).

فلز نشيط + حمض كربوكسيلي ⟵ ملح الحمض + غاز الهيدروچين

$$2CH_3COOH_{(aq)} + Mg_{(s)} \longrightarrow (CH_3COO)_2Mg_{(aq)} + H_{2(g)}$$

حمض الأسيتيك — ماغنسيوم — أسيتات الماغنسيوم — هيدروچين



ب أكاسيد وهيدروكسيدات الفلزات

أكسيد أو هيدروكسيد فلز + حمض كربوكسيلي ⟵ ملح الحمض + ماء

$$CH_3COOH_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow CH_3COONa_{(aq)} + H_2O_{(\ell)}$$

حمض الأسيتيك — هيدروكسيد الصوديوم — أسيتات الصوديوم — ماء

ج أملاح كربونات وبيكربونات الفلزات

كربونات أو بيكربونات فلز + حمض كربوكسيلي ⟵ ملح الحمض + ماء + ثاني أكسيد الكربون

$$CH_3COOH_{(aq)} + NaHCO_{3(s)} \longrightarrow CH_3COONa_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} + CO_{2(g)}$$

حمض الأسيتيك — بيكربونات الصوديوم — أسيتات الصوديوم — ماء — ثاني أكسيد الكربون



وضح بالمعادلات الرمزية المتزنة كيف تحصل على الميثانويك من الإيثانويك ؟

إرشاد للإجابة

إيثانويك ⟵ أسيتات صوديوم ⟵ ميثان ⟵ كلوريد ميثيل ⟵ ميثانول ⟵ ميثانال ⟵ ميثانويك

٢ خواص تعزى إلى مجموعة الهيدروكسيل

تكوين الإسترات : تفاعل الأحماض العضوية مع الكحولات لتكوين الإستر والماء.

$$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH + H-O-R \xrightarrow[conc]{H_2SO_4} R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-R + H_2O$$

$$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH_{(\ell)} + H-O-C_2H_{5(\ell)} \xrightarrow[conc]{H_2SO_4} CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-C_2H_{5(aq)} + H_2O_{(\ell)}$$

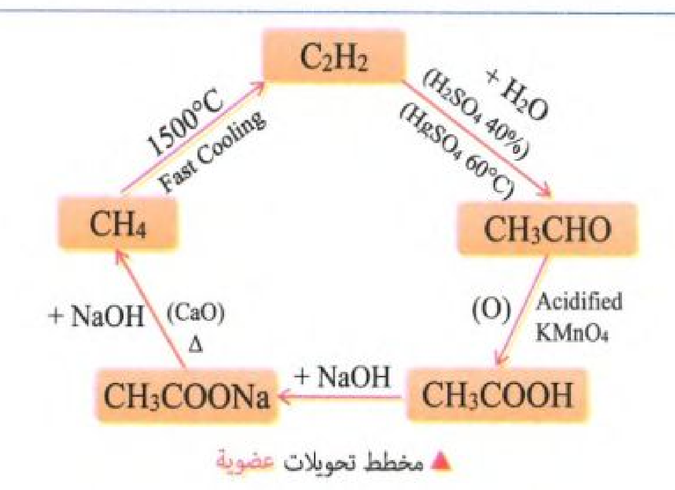
٣ خواص تعزى إلى مجموعة الكربوكسيل

تُختزل الأحماض الكربوكسيلية بواسطة الهيدروجين في وجود عامل حفز مثل كرومات النحاس عند درجة 200°C ويمكن تحضير الإيثانول من حمض الأسيتيك بهذه الطريقة ويعتبر هذا التفاعل عكس تفاعل أكسدة الكحولات إلى أحماض.

$$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH + 2H_2 \xrightarrow[200\,^{\circ}C]{CuCrO_4} CH_3-CH_2-OH + H_2O$$

حمض أستيك — كحول إيثيلي

كحول أولي ⇌ حمض كربوكسيلي (أكسدة تامة / اختزال تام)



▲ مخطط تحويلات عضوية



تدريب ٥٨

اكتب المعادلات الدالة على التفاعلات الموجودة بالمخطط السابق.

الكشف عن حمض الأسيتيك

① كشف الحامضية :

إضافة الحمض إلى ملح كربونات أو بيكربونات الصوديوم، فيحدث فوران ويتصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يعكر ماء الجير.

② كشـف تكويـن الإستـر (الأسـترة) :

تتفاعل الأحماض مع الكحولات لتكوين الأسترات المميزة برائحتها الزكية (روائح لأنواع مختلفة من الزهور أو الفواكه تبعًا لنوع الكحول والحمض)



تدريب ٥٩

كيف تميز عمليًا بين حمض الأسيتيك والإيثانول ؟

الإجابة

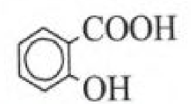
التجربة	حمض الأسيتيك	الإيثانول
بإضافة ملح بيكربونات الصوديوم إلى كل منهما	يحدث فوران ويتصاعد غاز CO_2 يعكر ماء الجير الرائق لفترة قصيرة.	لا يحدث شيء.
بتفاعل كل منهما مع كحول	تظهر رائحة الإستر الزكية.	لا تظهر رائحة الإستر الزكية.
بتفاعل كل منهما مع حمض كربوكسيلي	لا تظهر رائحة الإستر الزكية.	تظهر رائحة الإستر الزكية.
بإضافة برمنجنات البوتاسيوم المحمضة بحمض الكبريتيك المركز	لا يحدث أكسدة.	تتأكسد ويزول اللون البنفسجي.
بإضافة ثاني كرومات البوتاسيوم المحمضة بحمض الكبريتيك المركز	لا يحدث أكسدة.	تتأكسد ويتحول اللون البرتقالي إلى الأخضر.

الأحماض الكربوكسيلية الأروماتية

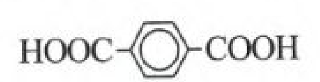
الأحماض الكربوكسيلية الأروماتية

هي مركبات أروماتية تحتوي على مجموعة كربوكسيل أو أكثر متصلة بحلقة البنزين.

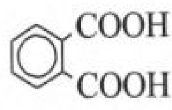
أمثلة : ① أحماض أروماتية أحادية الكربوكسيل **(أحادية القاعدية)** : مثل حمض البنزويك.
② أحماض أروماتية ثنائية الكربوكسيل **(ثنائية القاعدية)** : مثل حمض الفثاليك.



حمض سلسليك
(أحادي الكربوكسيل)



حمض تيرفثاليك
(ثنائي القاعدية)



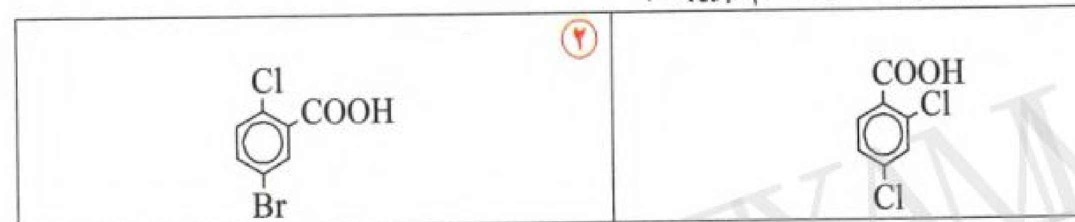
حمض فثاليك
(ثنائي القاعدية)



حمض بنزويك
(أحادي القاعدية)


تدريب ٦٠

اكتب **أسماء الأحماض** الآتية حسب **نظام الأيوباك**:



الإجابة

① 4،2 – ثنائي كلورو حمض البنزويك. ② 5 – برومو – 2 – كلورو حمض البنزويك.

تحضير حمض البنزويك

① بأكسدة البنزالدهيد (C_6H_5CHO) في الظروف المناسبة. ② بأكسدة الكحول البنزيلي ($C_6H_5CH_2OH$) في الظروف المناسبة.

③ بأكسدة **الطولوين** باستخدام المواد المؤكسدة المناسبة، فمثلًا يحضر تجاريًا بأكسدة الطولوين بالهواء الجوي عند درجة حرارة **400°C** وفي وجود **خامس أكسيد الفانديوم**.

$$2C_6H_5CH_3 + 3O_{2(g)} \xrightarrow[400\,°C]{V_2O_5} 2C_6H_5COOH_{(aq)} + 2H_2O_{(v)}$$

الطولوين — حمض البنزويك

تدريب ٦١

وضح بالمعادلات الرمزية المتزنة كيف تحصل على حمض أروماتى (البنزويك) من حمض أليفاتى (الأسيتيك) ؟

إرشاد الإجابة

حمض أسيتيك ⟵ أسيتات صوديوم ⟵ ميثان ⟵ إيثاين ⟵ بنزين ⟵ طولوين ⟵ حمض بنزويك

الخواص العامة للأحماض الكربوكسيلية الأروماتية

الخواص الفيزيائية

الأحماض الأروماتية أقوى قليلًا من الأحماض الأليفاتية – وأقل ذوبانًا في الماء – وأقل تطايرًا (أكثر ثباتًا).



رتب المركبات التالية تصاعديًا حسب قوة حامضيتها :

(حمض الأسيتيك – حمض البنزويك – حمض الهيدروكلوريك – حمض الكربوليك – الكحول الإيثيلي)

الإجابة

الكحول الإيثيلي < حمض الكربوليك < حمض الأسيتيك < حمض البنزويك < حمض الهيدروكلوريك

الخواص الكيميائية

تفاعلات مجموعة الكربوكسيل تشبه تلك الموجودة في الأحماض الأليفاتية ويتمثل ذلك في تكوين أملاح مع الفلزات أو هيدروكسيداتها أو كربوناتها وتكوين أسترات مع الكحولات.

$$C_6H_5COOH_{(\ell)} + NaOH \longrightarrow C_6H_5COONa_{(aq)} + H_2O_{(\ell)}$$

حمض البنزويك — بنزوات الصوديوم

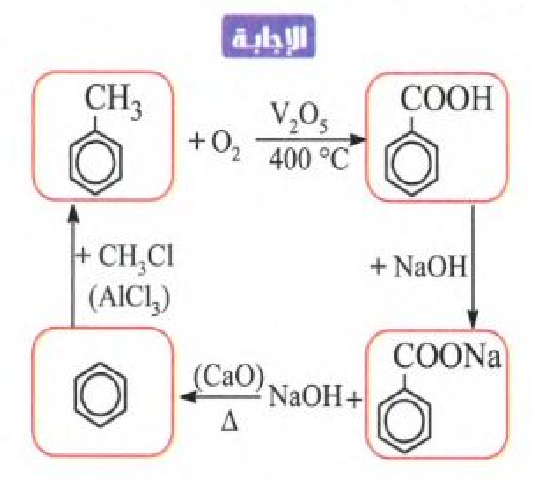
$$C_6H_5COOH_{(\ell)} + C_2H_5OH \xrightarrow[dry]{HCl} C_6H_5COOC_2H_{5\,(aq)} + H_2O_{(\ell)}$$

حمض البنزويك — استر بنزوات الإيثيل



ارسم **مخطط** بسيط لتحويل البنزين إلى حمض البنزويك والعكس.

الإجابة





الأحماض العضوية في حياتنا

١ حمض الفورميك (HCOOH)

التعريف	هو الحمض الذي يفرزه النمل الأحمر دفاعًا عن نفسه
الاستخدام	صناعة كل من : (١) الصبغات. (٢) المبيدات الحشرية. (٣) العطور. (٤) العقاقير. (٥) البلاستيك.

٢ حمض الأسيتيك (CH_3COOH)

حمض الخليك الثلجي	هو حمض الأسيتيك النقي 100% نفاذ الرائحة يتجمد عند 16°C على هيئة بلورات شفافة تشبه الثلج.
الاستخدام	(١) حمض الخليك المخفف 4% على هيئة الخل في المنازل (٢) مادة أولية هامة في تحضير الكثير من المركبات العضوية، مثل : (الحرير الصناعي – الصبغات – المبيدات الحشرية) (٣) يستخدم في الإضافات الغذائية.

٣ حمض البنزويك (C_6H_5COOH)

(حلقة بنزين)-COOH

المواصفات	يحول حمض البنزويك إلى ملحه الصوديومي والبوتاسيومي ...علل؟ لأنه مركب شحيح الذوبان في الماء ليكون قابلًا للذوبان في الماء ويسهل امتصاصه بالجسم
الاستخدام	تستخدم بنزوات الصوديوم 0.1% في معظم الأغذية المحفوظة كمادة حافظة ...علل؟ لأنها تمنع نمو الفطريات على هذه الأغذية.

٤ حمض السيتريك ($C_6H_8O_7$)

الوجود	في الموالح مثل الليمون بنسبة % 5:7 والبرتقال بنسبة % 1
الاستخدام	حمض السيتريك يمنع نمو البكتريا على الأغذية ...علل؟ لأنه يقلل الرقم الهيدروجيني (pH) يضاف حمض السيتريك على الفاكهة المجمدة ...علل؟ ليحافظ على لونها وطعمها. H H–C–COOH HO–C–COOH H–C–COOH H

٥ حمض اللاكتيك ($C_3H_6O_3$)

$$CH_3-\underset{|}{\overset{OH}{CH}}-COOH$$

الوجـــود	① في اللبن نتيجة لفعل الأنزيمات التي تفرزها بعض أنواع البكتريا على سكر اللبن (اللاكتوز) ② يتولد في الجسم نتيجة للمجهود الشاق ويسبب تقلصًا في العضلات. لاعبوا الكرة أكثر عرضة للإصابة بالشد العضلي ...علل؟

٦ حمض الأسكوربيك [فيتامين جـ (C)]

الوجـــود	يوجد في الحمضيات (الموالح) والفواكه والخضروات مثل الفلفل الأخضر.
الفوائـــد	① هو من الفيتامينات التي يحتاجها الجسم بكميات قليلة. ② مفيد لبعض الوظائف الحيوية في جسم الإنسان. ③ يفضل أكل الخضروات طازجة ...علل؟ لأن فيتامين C يتحلل بالحرارة وفعل الهواء خطورة نقص فيتامين جـ في جسم الإنسان ...علل؟ لأنه يؤدي إلى الإصابة بمرض الاسقرابوط والذي من أعراضه نزيف اللثة وتورم المفاصل.

٧ حمض السلسليك ($C_7H_6O_3$)

(حلقة بنزين عليها COOH و OH)

الاستخـــدام	① صناعة مستحضرات التجميل الخاصة بالجلد لإعطائه النعومة أو للحماية من أشعة الشمس. ② يستخدم في القضاء على التآليل الجلدية وحب الشباب. ③ يستخدم في صناعة الأسبرين.

٨ الأحماض الأمينية

التعـــريـــف	مشتقات أمينية للأحماض العضوية.
مثال	أبسط أنواع الأحماض الأمينية هو حمض الجلايسين (أمينو أستيك) NH_2CH_2COOH ويتكون نتيجة لإحلال مجموعة أمينو $(-NH_2)$ محل ذرة الهيدروجين من مجموعة الألكيل الموجودة في جزيء حمض الأسيتيك.
معادلة التحضير	$-NH_2 + H-CH_2-COOH \longrightarrow H_2N-CH_2-COOH$ مجموعة أمينو ، حمض أستيك ، حمض جلايسين (حمض أمينو أستيك)
الوصـــف	الأحماض الأمينية الموجودة في الطبيعة متعددة ولكن يوجد منها عشـرون حمضًـا فقط في البروتينات الطبيعية، وتتميز الأحماض الأمينية الموجودة في البروتينات بأنها جميعًا من نوع الألفا أمينو : **وهي مجموعة الأمينو التي تكون متصلة بذرة الكربون ألفا (α)** **وهي التي تلي مجموعة الكربوكسيل مباشرة** $R-\overset{\alpha}{CH}(NH_2)-COOH$
البروتينات	هي بوليمرات للأحماض الأمينية

الدرس 12 الإستـــرات

الإستـــرات

هي نواتج اتحاد الأحماض الكربوكسيلية مع الكحولات.

الوجـــود: تنتشر الإسترات بكثرة في الطبيعة فهي توجد في كل من المواد النباتية والحيوانية.

الاستخدام: تستخدم إسترات كثيرة لإنتاج العطور والنكهات تجاريًا (مكسبات الطعم والرائحة) وتستخدم إما بمفردها أو ممزوجة بمركبات طبيعية.

أمثلة الإسترات

(١) شمع النحل : هي إسترات ذات كتل جزيئية مرتفعة.

(٢) الزيوت والدهون : هي إسترات مشتقة من الجليسرين (كحول ثلاثي الهيدروكسيل) مع أحماض دهنية عالية.

التحضير

تفاعل الأحماض الكربوكسيلية مع الكحولات لتكوين الإستر والماء.

$$R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH + H-O-R \rightleftharpoons R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-R + H_2O$$

حمض كربوكسيلي — كحول — إستر — مـاء

مثـال :

$$CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH_{(\ell)} + H-O-C_2H_{5(\ell)} \rightleftharpoons CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-C_2H_{5(aq)} + H_2O_{(\ell)}$$

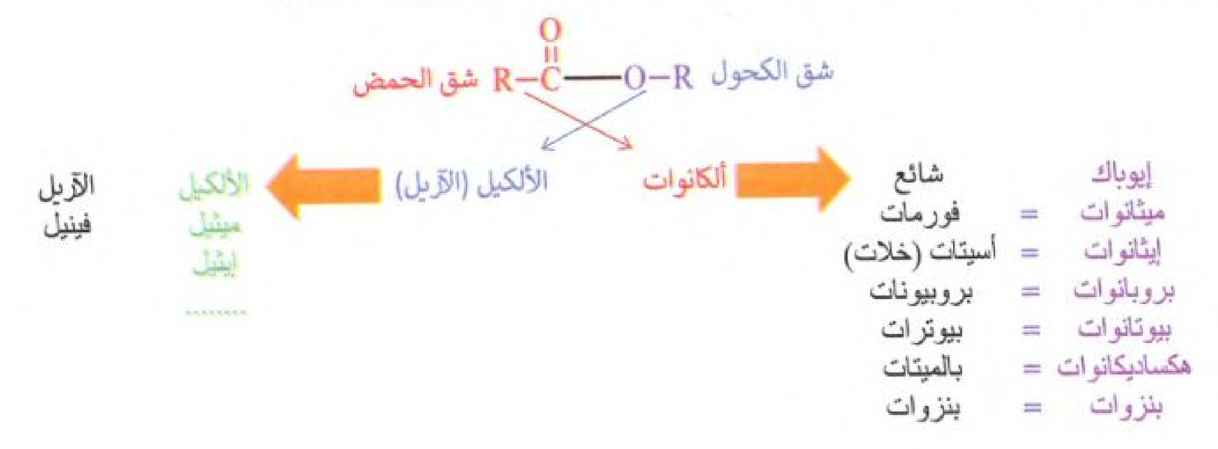
حمض أسيتيك — كحول إيثيلي — إستر أسيتات الإيثيل — مـاء

استخدام مادة نازعة للماء مثل حمض الكبريتيك المركز أو غاز كلوريد الهيدروچين الجاف في الأسترة ...علل؟

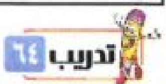
للتخلص من الماء الناتج ومنع حدوث التفاعل العكسي.

تسمية الإسترات

يسمى الإستر باسم الشق الحامضي واسم الألكيل من الكحول كالتالي : [ألكانوات + الألكيل]



المركب	$\overset{O}{\overset{\|}{C_6H_5-C}}-O-C_3H_7$	$C_3H_7-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-C_6H_5$	$CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-C_2H_5$	$H-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-CH_3$
تسمية الإيوباك	بنزوات البروبيل	بيوتانوات الفينيل	إيثانوات الإيثيل	ميثانوات الميثيل
التسمية الشائعة	بنزوات البروبيل	بيوترات الفينيل	أسيتات الإيثيل	فورمات الميثيل


تدريب ٦٤

ما اسم كل من الإسترات التالية تبعًا لنظام الإيوباك واذكر الحمض والكحول (الفينول) المشتق منهما ؟

①	②	③
$CH_3-CH_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-C_6H_5$	$C_6H_5-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-CH_2-CH_3$	$CH_3-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_2-CH_3$

الإجابة

① إستر بروبانوات الفينيل / حمض البروبانويك / الفينول.

② إستر بنزوات الإيثيل / حمض البنزويك / الإيثانول.

③ إستر بروبانوات الميثيل / حمض البروبانويك / الميثانول.

الخواص العامة للإسترات

الخواص الفيزيائية

① معظمها سوائل، لها روائح زكية وهي التي تمد الفواكه والأزهار والزيوت العطرية برائحتها والنكهة الخاصة بها.

② تتغير طبيعتها من سائل ذي رائحة زكية إلى جسم صلب شمعي عديم الرائحة تقريبًا،
تقل رائحتها تدريجيًا بارتفاع الكتل الجزيئية للكحولات والأحماض المستخدمة في تكوينها.

③ تقل درجة غليان الإسترات كثيرًا عن درجات غليان الأحماض والكحولات المتساوية معها في الكتلة الجزيئية ...علل؟
لعدم احتوائها على مجموعة الهيدروكسيل القطبية الموجودة في كل من الكحولات والأحماض التي تتسبب في ربط جزيئاتها معًا بالروابط الهيدروجينية.

الكتلة الجزيئية		الحمض	الكحول	الإستر
60		حمض الأسيتيك CH_3COOH	بروبانول C_3H_7OH	فورمات الميثيل $HCOOCH_3$
	درجة الغليان °C	118	97.8	31.8
74		بروبانويك (بروبيونيك) C_2H_5COOH	بيوتانول C_4H_9OH	أسيتات الميثيل CH_3COOCH_3
	درجة الغليان °C	141	118	57

(الجدول للإطلاع فقط)



الترتيب الصحيح للمركبات المذكورة حسب درجة غليانها هو .... (تجريبي ٢١)

(أ) بروبانويك > بروبانول > أسيتات الميثيل.

(ب) بروبانول > أسيتات الميثيل > بروبانويك.

(جـ) أسيتات الميثيل > بروبانول > بروبانويك.

(د) أسيتات الميثيل > بروبانويك > بروبانول.

الخواص الكيميائية

① التحلل المائي للإستر

ينتج من التحلل المائي للإستر كحول وحامض أو بعبارة أخرى فإن هذا التفاعل عكس عملية الإسترة السابقة.

وينقسم إلى قسمين :

أ التحلل المائي الحامضي

إستر + ماء ⟵ حمض كربوكسيلي + كحول

$$R-\overset{O}{\overset{||}{C}}-O-R + H-OH \rightleftharpoons R-\overset{O}{\overset{||}{C}}-OH + H-O-R$$

إستر ، ماء ، حمض كربوكسيلي ، كحول

استخدام حامض معدني مخفف في التحلل المائي للإسترات ...علل؟

لأنه عامل مساعد يستخدم في إتمام التفاعل.

$$CH_3-\overset{O}{\overset{||}{C}}-O-C_2H_{5\,(\ell)} + H-OH_{(\ell)} \xrightarrow{H^+} CH_3-\overset{O}{\overset{||}{C}}-OH_{(aq)} + H-O-C_2H_{5\,(\ell)}$$

إستر أسيتات الإيثيل ، ماء ، حمض أستيك ، كحول إيثيلي

تدريب ٦٥

وضح بالمعادلات الكيميائية المتزنة التحلل المائي في وسط حمضي لإستر بنزوات الإيثيل.

الإجابة

$$C_6H_5-\overset{O}{\overset{||}{C}}-O-C_2H_{5\,(\ell)} + H-OH_{(\ell)} \xrightarrow{H^+} C_6H_5-\overset{O}{\overset{||}{C}}-OH_{(aq)} + C_2H_5OH_{(\ell)}$$

بنزوات الإيثيل ، ماء ، حمض بنزويك ، كحول إيثيلي

ب التحلل المائي القاعدي (التصبن)

هو التحلل المائي للإستر بالتسخين مع قلوي مائي ليتكون الكحول وملح الحمض.

إستر + قلوي $\xrightarrow{\Delta}$ ملح الحمض الكربوكسيلي + كحول

$$CH_3COOC_2H_{5\,(\ell)} + NaOH_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} CH_3COONa_{(aq)} + C_2H_5OH_{(\ell)}$$

إستر أسيتات الإيثيل — هيدروكسيد صوديوم — أسيتات الصوديوم — إيثانول

$$C_6H_5COOC_2H_{5\,(\ell)} + NaOH_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} C_6H_5COONa_{(\ell)} + C_2H_5OH_{(aq)}$$

إستر بنزوات الإيثيل — هيدروكسيد صوديوم — بنزوات الصوديوم — إيثانول



تدريب ٦٦

كيف تحصل على الميثان من أسيتات الإيثيل ؟

الإجابة

$$CH_3COOC_2H_{5\,(\ell)} + NaOH_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} CH_3COONa_{(aq)} + C_2H_5OH_{(\ell)}$$

$$CH_3COONa_{(s)} + NaOH_{(s)} \xrightarrow[\Delta]{CaO} CH_{4\,(g)} + Na_2CO_{3\,(s)}$$



تدريب ٦٧

كيف تحصل على البنزين من بنزوات الإيثيل ؟

الإجابة

$$C_6H_5COOC_2H_{5\,(\ell)} + NaOH_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} C_6H_5COONa_{(\ell)} + C_2H_5OH_{(aq)}$$

$$C_6H_5COONa_{(s)} + NaOH_{(s)} \xrightarrow[\Delta]{CaO} C_6H_{6\,(\ell)} + Na_2CO_{3\,(s)}$$



عند التحلل المائي القاعدي لأيزومرات المركب $C_6H_{12}O_2$ كل على حده،

فإن الكحول الناتج الذي له درجة الغليان الأعلى هو .... (مصر ثان ٢١)

Ⓐ $C_6H_{13}OH$

Ⓑ C_2H_5OH

Ⓒ CH_3OH

Ⓓ C_4H_9OH



٢ التحلل بالأمونيا (التحلل النشادري)

هو تفاعل الإسترات مع الأمونيا لتكوين أميد الحمض والكحول.

إستر + نشادر (أمونيا) ⟵ أميد الحمض الكربوكسيلي + كحول

$$CH_3-\overset{O}{\overset{||}{C}}-O-C_2H_{5(\ell)} + H-NH_{2(g)} \longrightarrow CH_3-\overset{O}{\overset{||}{C}}-NH_{2(\ell)} + C_2H_5OH_{(\ell)}$$

إستر أسيتات الإيثيل — نشادر — أسيتاميد — إيثانول

$$C_6H_5-\overset{O}{\overset{||}{C}}-O-C_2H_{5(\ell)} + H-NH_{2(g)} \longrightarrow C_6H_5-\overset{O}{\overset{||}{C}}-NH_{2(\ell)} + C_2H_5OH_{(\ell)}$$

إستر بنزوات الإيثيل — نشادر — بنزاميد — إيثانول



تدريب ٦٨

كيف تحصل على الأسيتاميد من حمض الأسيتيك ؟

الإجابة

$$CH_3-\overset{O}{\overset{||}{C}}-OH_{(\ell)} + H-O-C_2H_{5(\ell)} \xrightarrow[conc]{H_2SO_4} CH_3-\overset{O}{\overset{||}{C}}-O-C_2H_{5(aq)} + H_2O_{(\ell)}$$

$$CH_3-\overset{O}{\overset{||}{C}}-O-C_2H_{5(\ell)} + H-NH_{2(g)} \longrightarrow CH_3-\overset{O}{\overset{||}{C}}-NH_{2(\ell)} + C_2H_5OH_{(\ell)}$$

تدريب ٦٩

كيف تحصل على البنزاميد من حمض البنزويك ؟

الإجابة

$$C_6H_5-\overset{O}{\overset{||}{C}}-OH_{(\ell)} + H\,O\,C_2H_{5(\ell)} \xrightarrow[dry]{HCl} C_6H_5-\overset{O}{\overset{||}{C}}-O-C_2H_{5(aq)} + H_2O_{(\ell)}$$

$$C_6H_5-\overset{O}{\overset{||}{C}}-O-C_2H_{5(\ell)} + H-NH_{2(g)} \longrightarrow C_6H_5-\overset{O}{\overset{||}{C}}-NH_{2(\ell)} + C_2H_5OH_{(\ell)}$$



إستر (A) مُشتق من ناتج أكسدة الطولوين، عند التحلل النشادري لهذا الإستر نتج المركبان (B) ، (C) فإذا كان المركب (C) أروماتي وله صفة حامضية، فأي الاختيارات التالية صحيحة؟ .... (مصر ثان ٢١)

أ) المركب (A) بنزوات الفينيل، المركب (B) بنزاميد.

ب) المركب (A) بنزوات الفينيل، المركب (B) كحول بنزيلي.

ج) المركب (A) بنزوات الميثيل، المركب (B) بنزاميد.

د) المركب (A) بنزوات الميثيل، المركب (B) كحول بنزيلي.

الإسترات فى حياتنا

① الإسترات كمكسبات للطعم والرائحة

تستخدم الأسترات كمكسبات للطعم والرائحة ...علل ؟

لأنها تتميز برائحتها الزكية وهي التي تمد الفواكه والأزهار بالرائحة الخاصة بها التي جعلت منها مواد مهمة في كثير من الصناعات الغذائية.

الإستر	الصيغة الكيميائية	الرائحة
فورمات الأيزوبيوتيل	$H-\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}-O-CH_2-\overset{CH_3}{\overset{\mid}{C}H}-CH_3$	الكريز
أسيتات البروبيل	$CH_3-\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}-O-C_3H_7$	الكمثرى
فورمات البنزيل	$H-\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}-O-CH_2-C_6H_5$	المشمش
بيوتانوات الميثيل	$CH_3-CH_2-CH_2-\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}-O-CH_3$	الأناناس
فورمات البروبيل	$H-\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}-O-C_3H_7$	التفاح
أسيتات البنتيل	$CH_3-\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}-O-C_5H_{11}$	الموز

(الجدول للإطلاع فقط)

② الإسترات كزيوت ودهون

الزيوت والدهون : إسترات ناتجة من تفاعل الجليسرول مع الأحماض العضوية.

تسمى جزيئات الزيوت والدهون بثلاثي الجلسريد ...علل؟

لأن كل جزيء منها يتكون من تفاعل جزيء واحد من الجلسرين (كحول ثلاثي الهيدروكسيل) مع ثلاث جزيئات من الأحماض الدهنية التي قد تكون من نوع واحد ولكن غالبًا تكون مختلفة وقد تكون السلسلة الكربونية لهذه الأحماض طويلة أو قصيرة مشبعة أو غير مشبعة.

$$\begin{matrix} CH_2-O-H \\ | \\ CH-O-H \\ | \\ CH_2-O-H \end{matrix} \quad + \quad \begin{matrix} HO-\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}-R_1 \\ HO-\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}-R_2 \\ HO-\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}-R_3 \end{matrix} \longrightarrow \begin{matrix} CH_2-O-\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}-R_1 \\ | \\ CH-O-\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}-R_2 \\ | \\ CH_2-O-\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}-R_3 \end{matrix} + 3H_2O$$

جلسرين (كحول ثلاثي الهيدروكسيل) — ثلاثة أحماض دهنية — إستر ثلاثي الجلسريد (زيت أو دهن) — مــاء





في جزيء إستر ثلاثي الجلسريد يكون زيت إذا كانت مجموعات (R_1, R_2, R_3) غير مشبعة

ويكون دهن أو مسلى إذا كانت هذه المجموعات مشبعة.

عملية التصبن

هو التحلل المائي للدهن أو الزيت (أستر ثلاثي الجلسريد) في وجود مادة قلوية قوية مثل NaOH أو KOH

أهمية عملية التصبن : هي الأساس الصناعي لتحضير كل من الجلسرين والصابون.

الصابون : هو أملاح الصوديوم لأحماض كربوكسيلية عالية.

تدريب ٧٠

ما الفرق بين المنظف الصناعي والصابون والمنظف الجاف؟

الإجابة

المنظف الصناعي: الملح الصوديوم لألكيل حمض بنزين السلفونيك

الصابون: الملح الصوديومي لأحماض كربوكسيلية عالية

المنظف الجاف : 1،1،1– ثلاثي كلورو إيثان.

٣ الإسترات كبوليمرات (البولي إستر)

البولي إسترات

بوليمرات تنتج من عملية تكاثف مشتركة لمونمرين أحدهما لجزيء ثنائي الحامضية (الكربوكسيل) والآخر كحول ثنائي الهيدروكسيل.

وفيما يلي معادلة تخطيطية لعملية بلمرة التكاثف:

$$n\,a-\blacksquare-a + n\,b-\bullet-b \longrightarrow \left[\blacksquare-\bullet\right]_n + 2n\,ab$$

نسيج الداكرون

هو أشهر أنواع البولي إسترات المعروفة الذي يصنع بأسترة حمض التيرفثاليك والإيثيلين جليكول.

$$HO-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-C_6H_4-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH_{(\ell)} + H-O-CH_2-CH_2-OH_{(\ell)}$$

حمض تيرفثاليك — إيثيلين جليكول

$$\downarrow -H_2O$$

$$HO-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-C_6H_4-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-CH_2-CH_2-OH$$

هجوم كحول جديد — نسيج الداكرون — هجوم حمض جديد

تستمر عملية التكاثف كيميائيًا بأن يهاجم الكحول طرف الجزيء من ناحية الحمض أو يهاجم الحمض طرف الجزيء من ناحية الكحول وبتكرار عملية التكاثف يتكون جزيء طويل جدًا يسمى **البولي إستر**.

تصنع من نسيج الداكرون أنابيب لاستبدال الشرايين التالفة وصمامات القلب الصناعية ...علل؟ لأنه خامل كيميائيًا.

٤ الإسترات كعقاقير طبية

١ زيت المروخ

التحضيـــر : يتفاعل حمض السلسليك بواسطة مجموعة الكربوكسيل الحمضية (يتفاعل كحمض) مع الميثانول لتكوين **إستر سلسيلات الميثيل** (زيت المروخ)

الاستخدام : إستر يستخدم كدهان موضعي حيث يمتص عن طريق الجلد لتخفيف الالام الروماتيزمية.

$$C_6H_4(OH)COOH_{(\ell)} + H-O-CH_{3(\ell)} \longrightarrow C_6H_4(OH)COO-CH_3 + H_2O_{(\ell)}$$

حمض سلسليك ، كحول ميثيلي ، زيت المروخ (سلسيلات الميثيل)



تدريب ٧١

كيف تحصل على زيت المروخ من كلوروميثان ؟

الإجابة

$$CH_3-Cl_{(g)} + KOH_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} CH_3-OH_{(aq)} + KCl_{(aq)}$$

$$C_6H_4(OH)COOH_{(\ell)} + H-O-CH_{3(\ell)} \longrightarrow C_6H_4(OH)COO-CH_3 + H_2O_{(\ell)}$$

ب الأسبرين

التحضير : يتفاعل حمض السلسيلك هنا ككحول **(كفينول)** مع حمض الأستيك لتكوين أسيتيل حمض السلسيلك **(الأسبرين)**

$$C_6H_4(COOH)O-H_{(\ell)} + HO-CO-CH_{3(\ell)} \longrightarrow C_6H_4(COOH)O-CO-CH_{3(s)} + H_2O_{(\ell)}$$

حمض سلسليك ، حمض أسيتيك ، الأسبرين (أسيتيل حمض السلسليك)

الاستخـــدام : ① تخفيف آلام الصداع.
② خفض الحرارة.
③ يقلل من تجلط الدم.
④ يمنع حدوث الأزمات القلبية.

المادة الفعالة : حمض السلسليك.



كيف تحصل على الأسبرين من الإيثانال ؟

الإجابة

$$CH_3CHO_{(\ell)} \xrightarrow[\text{acidified } KMnO_4]{[O]\ \text{Oxidation}} CH_3COOH_{(\ell)}$$

$$C_6H_4(COOH)(O\text{–}H)_{(\ell)} + HO\text{–}\overset{O}{\overset{\|}{C}}\text{–}CH_{3\,(\ell)} \longrightarrow C_6H_4(COOH)(O\text{–}\overset{O}{\overset{\|}{C}}\text{–}CH_3)_{(s)} + H_2O_{(\ell)}$$



١ تضاف مجموعة الأسيتيل ($-CH_3CO$) إلى حمض السلسليك في صناعة الأسبرين.

لتجعله عديم الطعم تقريبًا وتقلل من حموضته.

٢ ينصح الأطباء بتفتيت حبة الأسبرين قبل بلعها أو أخذها مذابة في الماء.

لأنه ينتج من تحلله في الجسم حمض السلسيلك وحمض الأسيتيك وهي أحماض تسبب تهيجًا لجدار المعدة وقد تسبب قرحة المعدة.

التحلل المائي للأسبرين

يتحلل الأسبرين في الجسم لينتج حمض السلسليك وحمض الأسيتيك.

$$C_6H_4(COOH)(O\text{–}\overset{O}{\overset{\|}{C}}\text{–}CH_3)_{(s)} + H_2O_{(\ell)} \xrightarrow{H^+} C_6H_4(COOH)(O\text{–}H)_{(\ell)} + CH_3\text{–}\overset{O}{\overset{\|}{C}}\text{–}OH_{(\ell)}$$

الأسبرين (أسيتيل حمض السلسليك) — حمض سلسليك — حمض أسيتيك



١ تخلط بعض أنواع الأسبرين بمادة قلوية مثل هيدروكسيد الألومنيوم.

لتعادل الحموضة الناتجة وتحمي المعدة من تقرحها.

٢ يمكن لحمض السلسليك أن يتفاعل كحمض أو ككحول (كفينول).

لأنه يحتوي على مجموعتين وظيفيتين الكربوكسيل (حمض) والهيدروكسيل (فينول).



كيف تحصل على زيت المروخ من الأسبرين ؟

الإجابة

$$C_6H_4(COOH)(O\text{–}\overset{O}{\overset{\|}{C}}\text{–}CH_3)_{(s)} + H_2O_{(\ell)} \xrightarrow{H^+} C_6H_4(COOH)(O\text{–}H)_{(\ell)} + CH_3\text{–}\overset{O}{\overset{\|}{C}}\text{–}OH_{(\ell)}$$

$$C_6H_4(CO\text{–}OH)(OH)_{(\ell)} + H\text{–}O\text{–}CH_{3\,(\ell)} \longrightarrow C_6H_4(COOCH_3)(OH)_{(\ell)} + H_2O_{(\ell)}$$



وضح بالمعادلات الكيميائية نواتج التحلل المائي (الحمضي – القاعدي) و التحلل النشادري والتفاعل مع NaOH على البارد لكل من :

(١) زيت المروخ. **(٢)** الأسبرين.

الإجابة

(1)

$$C_6H_4(OH)COOCH_3 + H{-}OH \xrightarrow{H^+} C_6H_4(OH)COOH + CH_3OH$$

$$C_6H_4(OH)COOCH_3 + 2\,Na{-}OH \xrightarrow{\Delta} C_6H_4(ONa)COONa + CH_3OH + H{-}OH$$

$$C_6H_4(OH)COOCH_3 + H{-}NH_2 \longrightarrow C_6H_4(OH)CO{-}NH_2 + CH_3OH$$

$$C_6H_4(OH)COOCH_3 + Na{-}OH \xrightarrow{cold} C_6H_4(O{-}Na)COOCH_3 + H{-}OH$$

(2)

$$C_6H_4(O{-}OCCH_3)COOH + H{-}OH \xrightarrow{H^+} C_6H_4(OH)COOH + CH_3COOH$$

$$C_6H_4(O{-}OCCH_3)COOH + 3\,Na{-}OH \xrightarrow{\Delta} C_6H_4(O{-}Na)COONa + H{-}OH + H{-}OH + CH_3COONa$$

$$C_6H_4(O{-}OCCH_3)COOH + NH_3 + H{-}NH_2 \longrightarrow C_6H_4(OH)COONH_4 + CH_3CONH_2$$

$$C_6H_4(O{-}OCCH_3)COOH + Na{-}OH \xrightarrow{cold} C_6H_4(O{-}OCCH_3)COONa + H{-}OH$$



المتشابهات الجزيئية حسب الصيغة العامة للمركبات العضوية

① الأقسام	الألكينات	الألكانات الحلقية
الصيغة العامة (الجزيئية)	C_nH_{2n}	
مثال للصيغة الجزيئية	C_3H_6	
الصيغ البنائية المحتملة	$CH_3-CH=CH_2$	△
الإسم الكيميائي	بروبين	بروبان حلقي

② الأقسام	الكحولات أحادية الهيدروكسيل	الإثيرات
الصيغة العامة (الجزيئية)	$C_nH_{2n+2}O$	
مثال للصيغة الجزيئية	C_2H_6O	
الصيغ البنائية المحتملة	CH_3-CH_2-OH	CH_3-O-CH_3
الإسم الكيميائي	كحول إيثيلي (إيثانول)	إثير ثنائي الميثيل

③ الأقسام	الألدهيدات	الكيتونات
الصيغة العامة (الجزيئية)	$C_nH_{2n}O$	
مثال للصيغة الجزيئية	C_3H_6O	
الصيغ البنائية المحتملة	$CH_3-CH_2-\overset{\overset{\large O}{\|}}{C}-H$	$CH_3-\overset{\overset{\large O}{\|}}{C}-CH_3$
الإسم الكيميائي	بروبانال	الأسيتون (بروبانون)

④ الأقسام	الأحماض أحادية الكربوكسيل	الإسترات
الصيغة العامة (الجزيئية)	$C_nH_{2n}O_2$	
مثال للصيغة الجزيئية	$C_2H_4O_2$	
الصيغ البنائية المحتملة	$CH_3-\overset{\overset{\large O}{\|}}{C}-O-H$	$H-\overset{\overset{\large O}{\|}}{C}-O-CH_3$
الإسم الكيميائي	حمض الإيثانويك حمض الأسيتيك (الخليك)	إستر ميثانوات الميثيل إستر فورمات الميثيل

امتحان 6 مشتقات الهيدروكربونات

30

أولاً الأسئلة الموضوعية (الاختيار من متعدد) "كل سؤال درجة واحدة"

١ عند التحلل المائي القلوي للمركب C_3H_7Br الذي لا يحتوي على مجموعة ميثيلين، فإن المركب الناتج هو .... (تجريبي ٢١)

أ) كحول ثانوي فقط.
ب) كحول أولي فقط.
ج) كحول أولي أو ثانوي.
د) كحول أولي أو ثالثي.

٢ باستخدام المخطط التالي:

إيثين $\xrightarrow[CCl_4]{Br_2}$ A $\xrightarrow[KOH_{(aq)}]{\text{وفرة من}}$ B

فأي مما يلي صحيح؟ .... (مصر ثان ٢٢)

أ) (A) برومو إيثان ، (B) إيثانول.
ب) (A) 1،1– ثنائي برومو إيثان ، (B) إيثيلين جليكول.
ج) (A) 1،2– ثنائي برومو إيثان ، (B) إيثيلين جليكول.
د) (A) برومو إيثان ، (B) إيثانال.

٣ لديك المركبان (A) ، (B) ، المركب (A) ألكان مفتوح السلسلة كتلته الجزيئية 58 g/mol والمركب (B) كحول مُشبع أحادي الهيدروكسيل كتلته الجزيئية 60 g/mol

فإن المركبين (A) ، (B) هما .... [C = 12 , O = 16 , H = 1] (مصر أول ٢١)

أ) (A) غاز ، (B) أقل في درجة الغليان من (A)
ب) (A) سائل ، (B) أعلى في درجة الغليان من (A)
ج) (A) غاز ، (B) أعلى في درجة الغليان من (A)
د) (A) سائل ، (B) أقل في درجة الغليان من (A)

٤ (A) ، (B) ، (C) ثلاث مركبات عضوية عند إضافة محلول ثاني كرومات البوتاسيوم المحمضة إلى كل منهم على حدة وجد أن (A) ، (C) تغير لون ثاني كرومات البوتاسيوم المحمضة، بينما (B) لا تغير لون ثاني كرومات البوتاسيوم المحمضة،

أي الاختيارات الآتية صحيحًا؟ .... (تجريبي ٢٣)

أ) (A) : $C_2H_5COCH_3$ ، (C) : C_4H_9OH
ب) (B) : C_3H_7CHO ، (A) : $C_2H_5COCH_3$
ج) (A) : C_3H_7COOH ، (C) : C_3H_7OH
د) (A) : C_3H_7CHO ، (B) : $C(CH_3)_3OH$



٥ من المخطط التالي:

هيدروكربون مشبع $\xrightarrow{\text{هلجنة}}$ A $\xrightarrow[\Delta]{KOH_{(aq)}}$ B $\xrightarrow[140°C]{\text{Conc. } H_2SO_4}$ C

المركبان (B) ، (C) هما .... (مصر ثان ٢٣)

Ⓐ (B) حمض، (C) هيدروكربون غير مُشبع.
Ⓑ (B) ألدهيد ، (C) هيدروكربون مُشبع.
Ⓒ (B) كحول ، (C) إثير.
Ⓓ (B) كيتون ، (C) إثير.

---

٦ (X) ، (Y) ، (Z) ثلاث مشتقات هيدروكربونية

(X) يمكن أكسدته واختزاله.

(Y) أيزومر لكحول.

(Z) ينتج من تفاعل حمض مع كحول.

أي الاختيارات التالية صحيحة؟ .... (تجريبي ٢٣)

Ⓐ (X) ألدهيد ، (Y) إثير.
Ⓑ (X) كيتون ، (Z) إستر.
Ⓒ (X) ألدهيد ، (Z) إثير.
Ⓓ (X) كحول ، (Y) إستر.

---

٧ الصيغة الجزيئية C_4H_8O تعبر عن .... (مصر أول ٢٣)

Ⓐ بيوتانويك أو بيوتانال.
Ⓑ 2– ميثيل بروبانال أو بيوتانون.
Ⓒ بيوتانول أو بيوتانون.
Ⓓ بيوتانويك أو 2– ميثيل بروبانال.

---

٨ عند إضافة قطعة من الصوديوم إلى محلول مائي لخليط من الكاتيكول والميثانول،
فإن المركبات الموجودة في المحلول .... (مصر ثان ٢٣)

Ⓐ $CH_3ONa + NaOH$
Ⓑ $C_6H_4(ONa)_2 + CH_3OH + NaOH$
Ⓒ $C_6H_4(ONa)_2 + CH_3ONa + NaOH$
Ⓓ $C_6H_4(ONa)_2 + CH_3ONa$

---

٩ الصيغ العامة الآتية لبعض مشتقات الهيدروكربونات هي:

(A) : $C_nH_{2n}O_2$ ، (B) : $C_nH_{2n+2}O_2$

أي مما يلي يُعد صحيحًا؟ .... (مصر أول ٢٣)

Ⓐ (A) : كحول ثنائي الهيدروكسيل ، (B) : حمض كربوكسيلي.
Ⓑ (A) : حمض كربوكسيلي ، (B) : كحول ثنائي الهيدروكسيل.
Ⓒ (A) : إستر ، (B) : حمض كربوكسيلي.
Ⓓ (A) : إستر ، (B) : كحول أحادي الهيدروكسيل.

١٠ من مخطط التفاعل التالي (الذي يحدث في الظروف المناسبة)

$$\underset{(A)}{C_nH_{2n}O} \xrightarrow{\text{أكسدة}} \underset{(B)}{C_nH_{2n}O_2}$$

فإن المركب (B) يكون .... (مصر أول ٢٣)

أ) حمض أروماتي. ب) إستر.

ج) كيتون. د) حمض أليفاتي.

١١ جميع التفاعلات الآتية يمكن الحصول منها على ماء **ماعدا** .... (تجريبي ٢٣)

أ) احتراق مركب الإيثان.

ب) تفاعل حمض البروبانويك مع الميثانول.

ج) إضافة $KMnO_{4(aq)}$ المحمضة لمركب 1– بروبانول.

د) بلمرة مركب البروبيلين.

١٢ عند تفاعل حمض 2– ميثيل بروبانويك مع فلز الصوديوم ثم تسخين الملح الناتج مع الجير الصودي يكون الناتج هو .... (تجريبي ٢٣)

أ) 2– ميثيل بروبان. ب) بيوتان.

ج) 2– ميثيل بيوتان. د) بروبان.

١٣ بالتقطير الجاف للملح الصوديومي لحمض الستريك مع الجير الصودي ينتج .... (مصر أول ٢٣)

أ) بروبانال. ب) البروبان.

ج) 1– بروبانول. د) 2– بروبانول.

١٤ أيٌ من العمليات الآتية يتم إجراؤها على حمض كربوكسيلي أحادية القاعدية لتحويله إلى مركب متعادل به نفس عدد ذرات الأكسجين والكربون؟ .... (مصر أول ٢٣)

أ) اختزال تام – نزع ماء – أكسدة. ب) تعادل – تقطير جاف – هلجنة.

ج) اختزال تام – نزع ماء – هيدرة حفزية. د) أسترة – تحلل قاعدي – تقطير جاف.

١٥ (A) ، (B) صيغتان جزيئيتان لحمضين عضويين: (A) $C_2H_4O_2$ ، (B) $C_2H_2O_4$
أي من الاختيارات الآتية صحيحًا؟ .... (تجريبي ٢٣)

أ) درجة غليان (B) أعلى من درجة غليان (A)

ب) اختزال المركب (A) ينتج عنه أبسط الكحولات.

ج) اختزال المركب (B) ينتج عنه مركب يستخدم في الترمومترات.

د) درجة ذوبان المركب (A) في الماء أعلى من درجة ذوبان المركب (B)

١٦ الاسم الصحيح حسب نظام الإيوباك للمركب الذي له الصيغة الجزيئية $C_4H_{10}O$ هو .... (مصر ثان ٢٣)

أ 2– ميثيل –2– بروبانول.
ب بيوتانون.
ج بيوتانال.
د 2– ميثيل بروبانال.

ثانيًا الأسئلة الموضوعية (الاختيار من متعدد) "كل سؤال درجتان"

١٧ أيٌ من الأزواج الآتية ليس أيزومران؟ .... (مصر ثان ٢٣)

أ استر أسيتات الفينيل – استر بنزوات الإيثيل.
ب استر أسيتات الفينيل – استر بنزوات الميثيل.
ج بارا كلورو طولوين – كلورو فينيل ميثان.
د فورمات الفينيل – حمض البنزويك.

١٨ من مخطط التفاعلات التالي:

$$\text{(ortho-HOC}_6\text{H}_4\text{CH}_2\text{OH)} \xrightarrow[\text{تامة}]{\text{أكسدة}} \boxed{A} \xrightarrow{CH_3OH} \boxed{B}$$

فإن المركبات (A) ، (B) هي .... (مصر أول ٢٣)

أ (A) كاتيكول ، (B) أسبرين.
ب (A) زيت المروخ ، (B) أسبرين.
ج (A) حمض سلسليك ، (B) سلسيلات ميثيل.
د (A) حمض بنزويك ، (B) بنزوات ميثيل.

١٩ من المخطط التالي:

$$\boxed{C_2H_5OH} \xrightarrow[180°C]{Conc.\ H_2SO_4} \boxed{A} \xrightarrow{H_2O_2} \boxed{B} \xrightarrow{\text{أكسدة تامة}} \boxed{C}$$

أيُّ الاختيارات الآتية صحيح؟ .... (مصر ثان ٢٣)

أ المركب (B) ألكين متماثل.
ب المركب (C) حمض أحادي القاعدية.
ج المركب (A) كحول ثنائي الهيدروكسيل.
د المركب (C) حمض ثنائي القاعدية.

٢٠ من المخطط التالي:

$$\boxed{C_2H_4} \xrightarrow{[H_2O_2]} \boxed{A} \xrightarrow{C_8H_6O_4} \boxed{B}$$

فإن استخدامات (A) ، (B) هي .... (تجريبي ٢٣)

أ (A) وقود ، (B) مادة عازلة في الأدوات الكهربية.
ب (A) صناعة العقاقير ، (B) في مبردات السيارات.
ج (A) في مبردات السيارات ، (B) صناعة صمامات القلب الصناعية.
د (A) صناعة صمامات القلب الصناعية ، (B) صناعة أنابيب لاستبدال الشرايين التالفة.

41 من المخطط التالي:

$$(B) \xleftarrow{+CH_3OH} CH_3-\underset{|}{CH}(OH)-COOH \xrightarrow{+CH_3COOH} (A)$$

فأي الاختيارات التالية صحيحة؟ .... (مصر أول ٢٣)

ⓐ المركب (A) لا يحدث فوران عند إضافة كربونات الصوديوم إليه.

ⓑ المركب (B) يكون أسيتاميد عند التحلل النشادري له.

ⓒ المركب (A) يزيل لون برمنجنات البوتاسيوم البنفسجية المحمضة.

ⓓ المركب (B) يزيل لون برمنجنات البوتاسيوم البنفسجية المحمضة.

42 من المخطط التالي:

$$C_7H_{16} \xrightarrow{Pt / \Delta} (A) \xrightarrow{\text{ألكلة}} (B) + \text{(o-xylene: benzene ring with } CH_3, CH_3)$$

$$(B) \xrightarrow{\text{أكسدة تامة}} \xrightarrow{-2H_2O} (C)$$

فأي الاختيارات التالية صحيحة؟ .... (مصر أول ٢٣)

ⓐ (A) : يستخدم في تحضير حمض البنزويك. ، (C) : مادة أولية في تحضير الباكليت.

ⓑ (A) : يستخدم في تحضير المتفجرات. ، (C) : مادة أولية في تصنيع صمامات القلب الصناعية.

ⓒ (A) : حمض أروماتي. ، (C) : مادة أولية في تحضير نسيج الداكرون.

ⓓ (A) : هيدروكربون أليفاتي. ، (C) : حمض كربوكسيلي أروماتي.

ثالثًا الأسئلة المقالية (يتم الإجابة عليها بورقة الإجابة المخصصة لها) "كل سؤال درجتان"

43 من مخططات التفاعلات الآتية التي تحدث في الظروف المناسبة: (مصر ثان ٢٣)

$$A \xrightarrow[300°C / 300\ atm]{KOH_{(aq)}} C \xrightarrow[HNO_3\ conc.]{\text{وفرة من } HNO_3\ conc.} D$$

$$B \xrightarrow{\text{هيدرة حفزية}} E \xrightarrow{\text{اختزال}} F$$

إذا علمت أن : D تُستخدَم في علاج الحروق، F في محاليل تعقيم الفم والأسنان.

استنتج أسماء المركبات A ، B ، C ، E

....

....

....

....

انتهت الأسئلة

اجابات أسئلة شغل دماغك

الباب الأول

١ (د)	٢ (ب)	٣ (ج)	٤ (ب)	٥ (أ)
٦ (د)	٧ (د)	٨ (د)	٩ (أ)	١٠ (أ)
١١ (ج)	١٢ (أ)	١٣ (أ)	١٤ (ب)	١٥ (ب)
١٦ (ج)	١٧ (أ)	١٨ (أ)	١٩ (د)	٢٠ (أ)
٢١ (د)	٢٢ (ب)	٢٣ (ج)	٢٤ (د)	٢٥ (ب)
٢٦ (أ)	٢٧ (ب)	٢٨ (ب)	٢٩ (أ)	٣٠ (د)
٣١ (ج)	٣٢ (أ)	٣٣ (د)	٣٤ (أ)	٣٥ (ب)

الباب الثاني

١ (ج)	٢ (د)	٣ (د)	٤ (ج)	٥ (أ)
٦ (أ)	٧ (أ)	٨ (أ)	٩ (أ)	١٠ (أ)
١١ (ج)	١٢ (ب)	١٣ (ب)	١٤ (أ)	١٥ (ب)
١٦ (ج)	١٧ (ب)	١٨ (أ)		

الباب الثالث

١ (ج)	٢ (د)	٣ (د)	٤ (د)	٥ (ج)
٦ (أ)	٧ (أ)	٨ (ج)	٩ (ج)	١٠ (ب)
١١ (ج)	١٢ (د)	١٣ (أ)	١٤ (ب)	١٥ (ب)
١٦ (أ)	١٧ (ب)	١٨ (أ)	١٩ (ج)	٢٠ (ج)
٢١ (د)	٢٢ (أ)	٢٣ (ب)	٢٤ (ب)	٢٥ (أ)
٢٦ (ب)	٢٧ (أ)			

الباب الرابع

١ (ج)	٢ (ب)	٣ (ج)	٤ (أ)	٥ (أ)
٦ (د)	٧ (د)	٨ (د)	٩ (د)	١٠ (د)
١١ (أ)	١٢ (ج)	١٣ (أ)	١٤ (أ)	١٥ (ج)
١٦ (أ)	١٧ (أ)	١٨ (أ)	١٩ (د)	٢٠ (أ)
٢١ (ب)	٢٢ (أ)	٢٣ (ج)	٢٤ (أ)	٢٥ (أ)
٢٦ (أ)	٢٧ (ب)	٢٨ (ب)	٢٩ (د)	٣٠ (أ)

الباب الخامس

١ (د)	٢ (أ)	٣ (د)	٤ (ج)	٥ (ب)
٦ (ج)	٧ (ج)	٨ (ج)	٩ (د)	١٠ (د)
١١ (د)	١٢ (أ)	١٣ (ج)	١٤ (أ)	١٥ (د)
١٦ (ج)	١٧ (ج)	١٨ (أ)	١٩ (ب)	٢٠ (د)
٢١ (د)	٢٢ (أ)	٢٣ (د)	٢٤ (أ)	٢٥ (ب)
٢٦ (أ)	٢٧ (أ)	٢٨ (د)	٢٩ (ب)	٣٠ (أ)
٣١ (د)	٣٢ (ج)	٣٣ (د)	٣٤ (أ)	٣٥ (د)
٣٦ (أ)	٣٧ (أ)	٣٨ (ج)	٣٩ (د)	٤٠ (أ)
٤١ (ج)	٤٢ (ج)	٤٣ (ب)	٤٤ (ب)	٤٥ (أ)
٤٦ (د)	٤٧ (أ)			

اجابات أسئلة اختبر نفسك

اختبر نفسك الباب الأول — امتحان 1

أولا اجابة الاختياري

١ أ	٢ أ	٣ جـ	٤ ب	٥ ب
٦ أ	٧ د	٨ د	٩ أ	١٠ جـ
١١ أ	١٢ جـ	١٣ د	١٤ د	١٥ ب
١٦ ب	١٧ د	١٨ أ	١٩ جـ	٢٠ ب
٢١ ب	٢٢ ب			

ثانيا اجابة المقالي

٢٣ (X) : : المنجنيز ، (Y) : الحديد

الكاتيون Y^{3+} له عزم مغناطيسي أكبر ، لزيادة عدد الإلكترونات المفردة حيث أن Y^{3+} يحتوي عدد إلكترونات مفردة $(3d^5)$ أكبر من الموجودة في X^{3+} $(3d^4)$

اختبر نفسك الباب الثانى — امتحان 2

أولا اجابة الاختياري

١ أ	٢ د	٣ أ	٤ د	٥ د
٦ د	٧ أ	٨ جـ	٩ د	١٠ د
١١ د	١٢ ب	١٣ ب	١٤ أ	١٥ د
١٦ أ	١٧ جـ	١٨ جـ	١٩ أ	٢٠ جـ
٢١ جـ	٢٢ جـ			

ثانيا اجابة المقالي

٢٣ اسم الملح : كبريتات النحاس ، الصيغة الكيميائية : $CuSO_4$

اختبر نفسك الباب الثالث — امتحان 3

أولا اجابة الاختياري

١ د	٢ د	٣ ب	٤ ب	٥ جـ
٦ أ	٧ ب	٨ جـ	٩ جـ	١٠ أ
١١ جـ	١٢ أ	١٣ د	١٤ ب	١٥ د
١٦ أ	١٧ أ	١٨ د	١٩ أ	٢٠ ب
٢١ جـ	٢٢ د			

ثانيا اجابة المقالي

٢٣

$pOH = 14 - 8 = 6$

$2[OH^-] = 10^{-6}$

$x = \frac{10^{-6}}{2} = 0.5 \times 10^{-6}$ M

$K_{sp} = 4x^3 = 4(0.5 \times 10^{-6})^3 = 0.5 \times 10^{-18}$M

اختبر نفسك الباب الرابع — امتحان 4

أولا اجابة الاختياري

١ ب	٢ ب	٣ جـ	٤ جـ	٥ أ
٦ جـ	٧ ب	٨ أ	٩ جـ	١٠ ب
١١ أ	١٢ ب	١٣ جـ	١٤ أ	١٥ ب
١٦ ب	١٧ أ	١٨ د	١٩ د	٢٠ ب
٢١ أ	٢٢ أ			

ثانيا اجابة المقالي

٢٣

$2F \rightarrow 207$ g

$..... F \rightarrow 8.28$ g

∴ كمية الكهربية = 0.08 F

$3F \rightarrow 1$ mol

0.08 F $\rightarrow .....$ mol

∴ عدد المولات = 0.0266 mol

اختبر نفسك الهيدروكربونات — امتحان 5

أولا اجابة الاختياري

١ ب	٢ أ	٣ أ	٤ ب	٥ ب
٦ د	٧ د	٨ أ	٩ ب	١٠ ب
١١ ب	١٢ جـ	١٣ ب	١٤ جـ	١٥ جـ
١٦ جـ	١٧ جـ	١٨ ب	١٩ جـ	٢٠ ب
٢١ أ	٢٢ ب			

ثانيا اجابة المقالي

٢٣ (أ) 3 مجموعات ، (ب) 5 مول

اختبر نفسك مشتقات الهيدروكربونات — امتحان 6

أولا اجابة الاختياري

١ أ	٢ جـ	٣ جـ	٤ د	٥ جـ
٦ أ	٧ ب	٨ جـ	٩ ب	١٠ د
١١ د	١٢ د	١٣ د	١٤ أ	١٥ أ
١٦ أ	١٧ أ	١٨ جـ	١٩ د	٢٠ جـ
٢١ د	٢٢ ب			

ثانيا اجابة المقالي

٢٣

E	C	B	A
إيثانال	فينول	إيثاين	كلورو بنزين


مذكرات الوافى


مذكرات الوافى


مذكرات الوافى